

**PERENCANAAN  
STRUKTUR BANGUNAN SEKOLAHAN  
2 LANTAI**



Oleh :

**Dede Setiawan**

**185067042**

**PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2011**

*commit to user*



## MOTTO

*".....Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan pada diri mereka sendiri....." (Q.S. 13:11)*

*Jadikanlah Sholat Dan Doa Sebagai Penolong Bagimu*

*Ketika Wajah Ini Penat Memikirkan Dunia Maka Berwudhulah. Ketika Tangan Ini Letih Menggapai Cita-cita Maka Bertakbirlah. Ketika Pundak Tak Kuasa Memikul Amanah Maka Bersujudlah. Ikhlasakan Pada Allah Dan Mendekatlah PadaNya*

*Doa Yang Tulus Dan Keberanian Akan Hal Yang Benar Akan Membawa Berkah Di Kemudian Hari*

*Syukuri apa yang ada, hidup adalah anugerah tetap jalani hidup ini melakukan yang terbaik*

*Segala Sesuatu Tak Ada Yang Tak Mungkin Di Dunia Ini*

ALWAYS!!!  
KEEP SPIRIT  
TRY  
PRAY TO GOD

THE FUTURE IS IN YOUR HAND

*commit to user*



## PERSEMBAHAN



*Alhamdulillah puji syukur kupanjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Sang pencipta alam semesta yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayah serta anugerah yang tak terhingga.*

*Dibalik tabir pembuatan episode Tugas Akhir  
"Serangkai Budi Penghargaan"*

*Bapak, Ibu, Kakak, Dan Adik-Adikku Tercinta" Terima Kasih Atas Doa, Materi Yang Telah Banyak Keluar Hanya Untukku Untuk Mewujudkan Satu Hari Ini. Fardhu Dan Tahajud Kalian Yang Selalu Membuat Aku Mampu Dan Bertahan Atas Semua Ini.*

*"Teman-teman" Terima Kasih Atas Semua Yang Telah Kau Berikan Untukku, Walaupun Lelah Selalu Menemaniku Sampai Selesai semua Ini.*

*Rekan-rekan Sipil Gedung khususnya angkatan 2007*

*Thanks To All My Friend : Sudarmono, Nurul Raharjo, Mbak Fit, Nuria, Adex (BFF Community), Jekek, Isam, Budi, Yayan, Pandu, Badrun, Catur, Dede, Agunk, Binar (PAB), Mbak Arum, Yuni, Igag, Aji, Rubi, Rangga, Ariz, Dwi, Ayak, Puji, Iwan, Tewhe, Aguz, andi, Siget, Damar, Yuli, Mamet, Haryono, Lukman, Cumi. Serta Temen-temen Teknik sipil Infrastruktur Perkotaan & Transportasi.*

 *The last, thank's to :*

*Ir. Slamet Prayitno, MT, selaku dosen pembimbing yang memberi pengarahan beserta bimbingan atas terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini*

*Dosen Karyawan serta Staff Teknik Sipil  
Universitas Sebelas Maret Surakarta  
commit to user*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN SEKOLAHAN 2 LANTAI** dengan baik. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun banyak menerima bimbingan, bantuan dan dorongan yang sangat berarti dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Segenap pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta beserta stafnya.
2. Segenap pimpinan Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta beserta stafnya.
3. Segenap pimpinan Program D-III Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta beserta stafnya.
4. Ir. Slamet Prayitno, MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingannya selama dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak dan ibu dosen pengajar yang telah memberikan ilmunya beserta karyawan di Fakultas Teknik UNS yang telah banyak membantu dalam proses perkuliahan.
6. Bapak, Ibu dan kakak yang telah memberikan dukungan dan dorongan baik moril maupun materiil dan selalu mendoakan penyusun.
7. Rekan – rekan dari Teknik sipil semua angkatan yang telah membantu terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran maupun masukan yang membawa ke arah perbaikan dan bersifat membangun sangat penyusun harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, Januari 2011

Penyusun



## DAFTAR ISI

	Hal
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL</b> .....	xvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan. ....	1
1.3. Kriteria Perencanaan.....	2
1.4. Peraturan-Peraturan Yang Berlaku.....	2
<b>BAB 2 DASAR TEORI</b>	
2.1. Dasar Perencanaan.....	3
2.1.1 Jenis Pembebanan.....	3
2.1.2 Sistem Bekerjanya Beban.....	6
2.1.3 Provisi Keamanan.....	6
2.2. Perencanaan Atap .....	8
2.3. Perencanaan Tangga .....	10
2.4. Perencanaan Plat Lantai.....	11
2.5. Perencanaan Balok Anak.....	12
2.6. Perencanaan Portal .....	13
2.7. Perencanaan Pondasi .....	14

*commit to user*

### BAB 3 PERENCANAAN ATAP

3.1. Rencana Atap.....	17
3.2. Dasar Perencanaan.....	18
3.3. Perencanaan Gording.....	18
3.3.1 Perencanaan Pembebanan .....	18
3.3.2 Perhitungan Pembebanan .....	19
3.3.3 Kontrol Terhadap Tegangan .....	21
3.3.4 Kontrol terhadap lendutan.....	22
3.4. Perencanaan Jurai .....	24
3.4.1 Perhitungan Panjang Batang Jurai .....	24
3.4.2 Perhitungan Luasan Jurai .....	25
3.4.4 Perencanaan Profil Jurai.....	34
3.4.5 Perhitungan Alat Sambung .....	36
3.5. Perencanaan Setengah Kuda-Kuda.....	39
3.5.1 Perhitungan Panjang Batang Setengah Kuda-Kuda.....	39
3.5.2 Perhitungan Luasan Setengah Kuda-Kuda.....	40
3.5.3 Perhitungan Pembebanan Setengah Kuda-kuda.....	42
3.5.4 Perencanaan Profil Kuda-kuda.....	49
3.5.5 Perhitungan Alat Sambung .....	51
3.6. Perencanaan Kuda-kuda Trapesium .....	54
3.6.1 Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda Trapesium .....	54
3.6.2 Perhitungan Luasan Kuda-kuda Trapesium .....	56
3.6.3 Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Trapesium .....	58
3.6.4 Perencanaan Profil Kuda-kuda Trapesium.....	65
3.6.5 Perhitungan Alat Sambung .....	68
3.7. Perencanaan Kuda-kuda Utama.....	72
3.7.1 Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda .....	72
3.7.2 Perhitungan Luasan Kuda-kuda Utama.....	74
3.7.3 Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Utama.....	76
3.7.4 Perencanaan Profil Kuda-kuda Utama.....	84
3.7.5 Perhitungan Alat Sambung .....	86

*commit to user*



## BAB 4 PERENCANAAN TANGGA

4.1. Uraian Umum .....	90
4.2. Data Perencanaan Tangga .....	90
4.3. Perhitungan Tebal Plat Equivalent dan Pembebanan .....	92
4.3.1 Perhitungan Tebal Plat Equivalent.....	92
4.3.2 Perhitungan Beban.....	93
4.4. Perhitungan Tulangan Tangga dan Bordes.....	95
4.4.1 Perhitungan Tulangan Tangga.....	95
4.4.2 Perencanaan Balok Bordes.....	97
4.4.3 Pembebanan Balok Bordes.....	98
4.4.4 Perhitungan Tulangan Lentur.....	98
4.4.5 Perhitungan Tulangan Geser Balok Bordes.....	100
4.5. Perhitungan Pondasi Tangga.....	101
4.5.1 Perencanaan Kapasitas Dukung Pondasi.....	101

## BAB 5 PERENCANAAN PLAT LANTAI

5.1. Perencanaan Plat Lantai .....	105
5.2. Perhitungan Beban Plat Lantai.....	105
5.3. Perhitungan Momen .....	106
5.4. Penulangan Plat Lantai.....	112
5.5. Penulangan Lapangan Arah x.....	114
5.6. Penulangan Lapangan Arah y.....	115
5.7. Penulangan Tumpuan Arah x.....	116
5.8. Penulangan Tumpuan Arah y.....	117
5.9. Rekapitulasi Tulangan.....	118

## BAB 6 PERENCANAAN BALOK ANAK

6.1. Perencanaan Balok Anak .....	119
6.2. Perhitungan Lebar Equivalent.....	120
6.3. Analisa Pembebanan Balok Anak.....	120

*commit to user*



6.4. Pembebanan Balok Anak As B'(1-1').....	121
6.5. Pembebanan Balok Anak As 1'(A-I).....	126
6.6. Pembebanan Balok Anak As 3'(A-I).....	126

## **BAB 7 PERENCANAAN PORTAL**

7.1. Perencanaan Portal.....	137
7.1.1 Dasar Perencanaan.....	137
7.1.2 Perencanaan Pembebanan.....	138
7.1.3 Perhitungan Luas Equivalen Untuk Plat Lantai.....	139
7.2. Perhitungan Pembebanan Portal.....	139
7.2.1 Perhitungan Pembebanan Portal Memanjang.....	139
7.2.2 Perhitungan Pembebanan Portal Melintang.....	143
7.2.3 Perhitungan Pembebanan Ringbalk.....	146
7.2.4 Perhitungan Pembebanan Sloof Memanjang.....	147
7.2.5 Perhitungan Pembebanan Sloof Melintang.....	149
7.3. Penulangan Portal.....	151
7.3.1 Penulangan Ring Balk.....	151
7.3.2 Penulangan Balok Portal Melintang.....	155
7.3.3 Penulangan Balok Portal Memanjang.....	161
7.3.4 Penulangan Kolom.....	166
7.3.5 Penulangan Sloof Melintang.....	169
7.3.6 Penulangan Sloof Memanjang.....	175

## **BAB 8 PERENCANAAN PONDASI**

8.1. Data Perencanaan .....	180
8.2. Perencanaan Kapasitas Dukung Pondasi.....	181
8.2.1 Perhitungan Kapasitas Dukung Pondasi.....	181
8.2.2 Perhitungan Tulangan Lentur.....	183

## **BAB 9 RENCANA ANGGARAN BIAYA**

9.1. Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	185
9.2. Data Perencanaan .....	185
9.3. Perhitungan Volume .....	185
9.3.1 Pekerjaan Pendahuluan .....	185
9.3.2 Pekerjaan Pondasi .....	186
9.3.3 Pekerjaan Beton .....	187
9.3.4 Pekerjaan Pemasangan Bata Merah dan Pemlesteran .....	188
9.3.5 Pekerjaan Pemasangan Kusen dan Pintu .....	189
9.3.6 Pekerjaan Atap .....	189
9.3.7 Pekerjaan Plafon .....	191
9.3.8 Pekerjaan Keramik .....	191
9.3.9 Pekerjaan Sanitasi .....	191
9.3.10 Pekerjaan Instalasi Air .....	192
9.3.11 Pekerjaan Instalasi Listrik .....	192
9.3.11 Pekerjaan Pengecatan .....	193

<b>BAB 10 REKAPITULASI</b> .....	194
----------------------------------	-----

## **BAB 11 KESIMPULAN DAN SARAN**

11.1. Kesimpulan .....	196
11.2. Saran .....	196

<b>PENUTUP</b> .....	xix
----------------------	-----

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	xx
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	xxi
--------------------------------	-----

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 3.1 Denah Rencana Atap.....	17
Gambar 3.2 Beban Mati.....	19
Gambar 3.3 Beban Hidup.....	20
Gambar 3.4 Beban Angin.....	20
Gambar 3.5 Rangka Batang Jurai.....	24
Gambar 3.6 Luasan Atap Jurai.....	25
Gambar 3.7 Luasan Plafon Jurai.....	26
Gambar 3.8 Pembebanan Jurai Akibat Beban Mati.....	28
Gambar 3.9 Pembebanan Jurai Akibat Beban Angin .....	32
Gambar 3.10 Rangka Batang Setengah Kuda-kuda.....	39
Gambar 3.11 Luasan Atap Setengah Kuda-kuda .....	40
Gambar 3.12 Luasan Plafon.....	41
Gambar 3.13 Pembebanan Setengah Kuda-kuda Akibat Beban Mati .....	43
Gambar 3.14 Pembebanan Setengah Kuda-kuda Akibat Beban Angin.....	47
Gambar 3.15 Rangka Batang Kuda-kuda Trapesium .....	54
Gambar 3.16 Luasan Atap Kuda-kuda Trapesium.....	56
Gambar 3.17 Luasan Plafon Kuda-kuda Trapesium .....	57
Gambar 3.18 Pembebanan Kuda-kuda Trapesium Akibat Beban Mati.....	59
Gambar 3.19 Pembebanan Kuda-kuda Trapesium Akibat Beban Angin ...	63
Gambar 3.20 Rangka Batang Kuda-kuda Utama.....	72
Gambar 3.21 Luasan Atap Kuda-kuda Utama .....	74
Gambar 3.22 Luasan Plafon Kuda-kuda Utama .....	75
Gambar 3.23 Pembebanan Kuda-kuda Utama Akibat Beban Mati . .....	76
Gambar 3.24 Pembebanan Kuda-kuda Utama Akibat Beban Angin .....	81
Gambar 4.1 Perencanaan Tangga.....	90
Gambar 4.2 Detail Tangga. ....	91
Gambar 4.3 Tebal Equivalen.....	92
Gambar 4.4 Rencana Tumpuan Tangga.....	94
Gambar 4.5 Pondasi Tangga .....	101

*commit to user*

Gambar 5.1 Denah Plat Lantai .....	105
Gambar 5.2 Plat Tipe A .....	106
Gambar 5.3 Plat Tipe B.....	107
Gambar 5.4 Plat Tipe C.....	107
Gambar 5.5 Plat Tipe D .....	108
Gambar 5.6 Plat Tipe E.....	108
Gambar 5.7 Plat Tipe F .....	109
Gambar 5.8 Plat Tipe G .....	109
Gambar 5.9 Plat Tipe H .....	110
Gambar 5.10 Plat Tipe I.....	110
Gambar 5.11 Plat Tipe J.....	111
Gambar 5.12 Plat Tipe K .....	111
Gambar 5.13 Perencanaan Tinggi Efektif.....	113
Gambar 6.1 Area Pembebanan Balok Anak .....	119
Gambar 6.2 Lebar Equivalen Balok Anak As B' (1-1') .....	121
Gambar 6.3 Lebar Equivalen Balok Anak As 1' .....	126
Gambar 6.4 Lebar Equivalen Balok Anak A' .....	131
Gambar 7.1 Denah Portal.....	137
Gambar 8.1 Perencanaan Pondasi.....	180

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Koefisien Reduksi Beban hidup.....	5
Tabel 2.2 Faktor Pembebanan U.....	7
Tabel 2.3 Faktor Reduksi Kekuatan $\phi$ .....	7
Tabel 3.1 Kombinasi Gaya Dalam Pada Gording.....	21
Tabel 3.2 Panjang Batang pada Jurai .....	24
Tabel 3.3 Rekapitulasi Pembebanan Jurai .....	31
Tabel 3.4 Perhitungan Beban Angin Jurai.....	33
Tabel 3.5 Rekapitulasi Gaya Batang Jurai.....	33
Tabel 3.6 Rekapitulasi Perencanaan Profil Jurai.....	38
Tabel 3.7 Perhitungan Panjang Batang Pada Setengah Kuda-kuda.....	39
Tabel 3.8 Rekapitulasi Pembebanan Setengah Kuda-kuda.....	46
Tabel 3.9 Perhitungan Beban Angin Setengah Kuda-kuda.....	49
Tabel 3.10 Rekapitulasi Gaya Batang Setengah Kuda-kuda .....	49
Tabel 3.11 Rekapitulasi Perencanaan Profil Setengah Kuda-kuda.....	53
Tabel 3.12 Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda Trapesium .....	54
Tabel 3.13 Rekapitulasi Pembebanan Kuda-kuda Trapesium .....	62
Tabel 3.14 Perhitungan Beban Angin Kuda-kuda Trapesium .....	64
Tabel 3.15 Rekapitulasi Gaya Batang Kuda-kuda Trapesium.....	64
Tabel 3.16 Rekapitulasi Perencanaan Profil Kuda-kuda Trapesium .....	70
Tabel 3.17 Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda Utama.....	72
Tabel 3.18 Rekapitulasi Beban Mati Kuda-kuda Utama .....	80
Tabel 3.19 Perhitungan Beban Angin Kuda-kuda Utama.....	82
Tabel 3.20 Rekapitulasi Gaya Batang Kuda-kuda Utama .....	83
Tabel 3.21 Rekapitulasi Perencanaan Profil Kuda-kuda Utama.....	88
Tabel 5.1 Perhitungan Plat Lantai .....	112
Tabel 5.2 Penulangan Plat Lantai.....	118
Tabel 6.1 Perhitungan Lebar Equivalen.....	120
Tabel 7.1 Hitungan Lebar Equivalen .....	139
Tabel 7.2 Rekapitulasi Hitungan Pembebanan Portal Memanjang.....	142

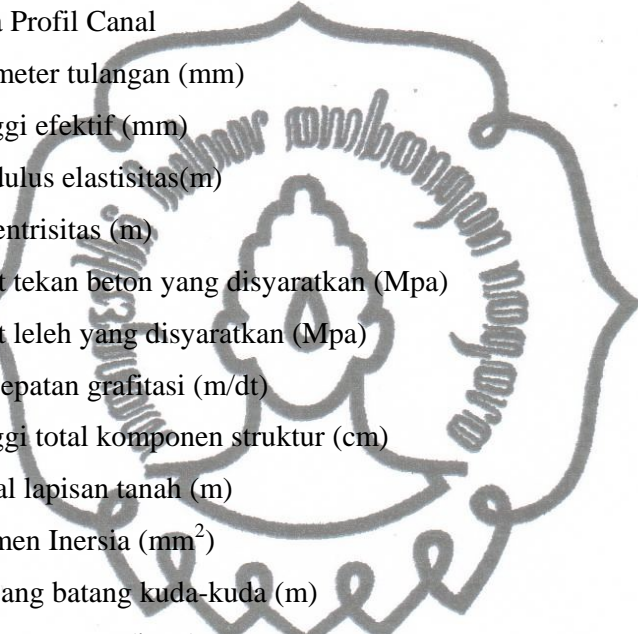
*commit to user*

Tabel 7.3 Rekapitulasi Hitungan Pembebanan Portal Melintang .....	145
Tabel 7.4 Rekapitulasi Hitungan Pembebanan Sloof Memanjang.....	148
Tabel 7.5 Rekapitulasi Hitungan Pembebanan Sloof Melintang .....	150
Tabel 7.6 Penulangan Ring Balk.....	155
Tabel 7.7 Penulangan Balok Portal Melintang.....	160
Tabel 7.8 Penulangan Balok Portal Memanjang .....	165
Tabel 7.9 Penulangan Kolom .....	169
Tabel 7.10 Penulangan Soof Melintang.....	174
Tabel 7.11 Penulangan Soof Memanjang .....	179





## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL



A	= Luas penampang batang baja ( $\text{cm}^2$ )
B	= Luas penampang ( $\text{m}^2$ )
AS'	= Luas tulangan tekan ( $\text{mm}^2$ )
AS	= Luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ )
B	= Lebar penampang balok (mm)
C	= Baja Profil Canal
D	= Diameter tulangan (mm)
Def	= Tinggi efektif (mm)
E	= Modulus elastisitas (m)
e	= Eksentrisitas (m)
F' <sub>c</sub>	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
F <sub>y</sub>	= Kuat leleh yang disyaratkan (Mpa)
g	= Percepatan gravitasi (m/dt)
h	= Tinggi total komponen struktur (cm)
H	= Tebal lapisan tanah (m)
I	= Momen Inersia ( $\text{mm}^2$ )
L	= Panjang batang kuda-kuda (m)
M	= Harga momen (kgm)
M <sub>u</sub>	= Momen berfaktor (kgm)
N	= Gaya tekan normal (kg)
N <sub>u</sub>	= Beban aksial berfaktor
P'	= Gaya batang pada baja (kg)
q	= Beban merata (kg/m)
q'	= Tekanan pada pondasi ( kg/m)
S	= Spasi dari tulangan (mm)
V <sub>u</sub>	= Gaya geser berfaktor (kg)
W	= Beban Angin (kg)
Z	= Lendutan yang terjadi pada baja (cm)
$\phi$	= Diameter tulangan baja (mm)
$\theta$	= Faktor reduksi untuk beton

*commit to user*



- $\rho$  = Tulangan tarik (As/bd)  
 $\sigma$  = Tegangan yang terjadi ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $\omega$  = Faktor penampang





## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Pesatnya perkembangan dunia teknik sipil menuntut bangsa Indonesia untuk dapat menghadapi segala kemajuan dan tantangan. Hal itu dapat terpenuhi apabila sumber daya yang dimiliki oleh bangsa Indonesia memiliki kualitas pendidikan yang tinggi, Karena pendidikan merupakan sarana utama bagi kita untuk semakin siap menghadapi perkembangan ini.

Dalam hal ini bangsa Indonesia telah menyediakan berbagai sarana guna memenuhi sumber daya manusia yang berkualitas. Sehingga Universitas Sebelas Maret Surakarta sebagai salah satu lembaga pendidikan dalam merealisasikan hal tersebut memberikan Tugas Akhir sebuah perencanaan gedung bertingkat dengan maksud agar dapat menghasilkan tenaga yang bersumber daya dan mampu bersaing dalam dunia kerja.

#### **1.2. Maksud Dan Tujuan**

Dalam menghadapi pesatnya perkembangan jaman yang semakin modern dan berteknologi, serta semakin derasnya arus globalisasi saat ini, sangat diperlukan seorang teknisi yang berkualitas. Khususnya dalam ini adalah teknik sipil, sangat diperlukan teknisi-teknisi yang menguasai ilmu dan keterampilan dalam bidangnya. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta sebagai lembaga pendidikan bertujuan untuk menghasilkan ahli teknik yang berkualitas, bertanggungjawab, kreatif dalam menghadapi masa depan serta dapat mensukseskan pembangunan nasional di Indonesia.



Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Program D III Jurusan Teknik Sipil memberikan Tugas Akhir dengan maksud dan tujuan :

- Mahasiswa dapat merencanakan suatu konstruksi bangunan yang sederhana sampai bangunan bertingkat.
- Mahasiswa diharapkan dapat memperoleh pengetahuan, pengertian dan pengalaman dalam merencanakan struktur gedung.
- Mahasiswa dapat terangsang daya fikirnya dalam memecahkan suatu masalah yang dihadapi dalam perencanaan suatu struktur gedung.

### 1.3. Kriteria Perencanaan

#### a. Spesifikasi Bangunan

- |                    |   |                       |
|--------------------|---|-----------------------|
| 1) Fungsi Bangunan | : | Bangunan Sekolah      |
| 2) Luas Bangunan   | : | 960 m <sup>2</sup>    |
| 3) Jumlah Lantai   | : | 2 lantai              |
| 4) Tinggi Lantai   | : | 4,0 m                 |
| 5) Konstruksi Atap | : | Rangka kuda-kuda baja |
| 6) Penutup Atap    | : | Genteng               |
| 7) Pondasi         | : | Foot Plat             |

#### b. Spesifikasi Bahan

- |                                 |   |   |
|---------------------------------|---|---|
| 1) Mutu Baja Profil             | : | BJ 37 ( $\sigma_{leleh} = 3700 \text{ kg/cm}^2$ )<br>( $\sigma_{ijin} = 2400 \text{ kg/cm}^2$ ) |
| 2) Mutu Beton ( $f'_c$ )        | : | 25 MPa  |
| 3) Mutu Baja Tulangan ( $f_y$ ) | : | Polos : 240 MPa.<br>Ulir : 340 Mpa.   |

### 1.4. Peraturan-Peraturan Yang Berlaku

- Standart tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2002).
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971).
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983).
- Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (SNI 03-1729-2002).





- (b).Penutup atap genteng dengan reng dan usuk..... 50 kg/m<sup>2</sup>
- (c).Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton (tanpa adukan)  
per cm tebal ..... 24 kg/m<sup>2</sup>
- (d).Adukan semen per cm tebal ..... 21 kg/m<sup>2</sup>

### **b. Beban Hidup (ql)**

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap, beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan.

Beban hidup yang bekerja pada bangunan ini disesuaikan dengan rencana fungsi bangunan tersebut. Beban hidup untuk bangunan ini terdiri dari :

- 1) Beban atap ..... 100 kg
- 2) Beban tangga dan bordes ..... 300 kg/m<sup>2</sup>
- 3) Beban lantai ..... 250 kg/m<sup>2</sup>

Berhubung peluang untuk terjadi beban hidup penuh yang membebani semua bagian dan semua unsur struktur pemikul secara serempak selama unsur gedung tersebut adalah sangat kecil, maka pada perencanaan balok induk dan portal dari sistem pemikul beban dari suatu struktur gedung, beban hidupnya dikalikan dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan gedung yang ditinjau, seperti diperlihatkan pada Tabel 2.1 :



Tabel 2.1 Koefisien reduksi beban hidup

Penggunaan Gedung	Koefisien Beban Hidup untuk Perencanaan Balok Induk
➤ PERUMAHAN/PENGHUNIAN : Rumah tinggal, hotel, rumah sakit	0,75
➤ PERDAGANGAN : Toko, toserba, pasar	0,80
➤ GANG DAN TANGGA : ~ Perumahan / penghunian	0,75
~ Pendidikan, kantor	0,75
~ Pertemuan umum, perdagangan dan penyimpanan, industri, tempat kendaraan	0,90

Sumber : SNI 03-1727-1989

**c. Beban Angin (W)**

Beban Angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif yang dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$  ini ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup dengan koefisien – koefisien angin. Tekan tiup harus diambil minimum  $25 \text{ kg/m}^2$ , kecuali untuk daerah di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai. Pada daerah tersebut tekanan hisap diambil minimum  $40 \text{ kg/m}^2$ .

Sedangkan koefisien angin untuk gedung tertutup :

## 1) Dinding Vertikal

- (a). Di pihak angin ..... + 0,9  
(b). Di belakang angin ..... - 0,4

2) Atap segitiga dengan sudut kemiringan  $\alpha$ 

- (a). Di pihak angin :  $\alpha < 65^\circ$  .....  $0,02 \alpha - 0,4$   
 $65^\circ < \alpha < 90^\circ$  ..... + 0,9  
 (b). Di belakang angin, untuk semua  $\alpha$  ..... - 0,4





#### d. Beban Gempa (E)

Beban gempa adalah semua beban statik *equivalen* yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu.

##### 2.1.2 Sistem Kerjanya Beban

Bekerjanya beban untuk bangunan bertingkat berlaku sistem gravitasi, yaitu elemen struktur yang berada di atas akan membebani elemen struktur di bawahnya, atau dengan kata lain elemen struktur yang mempunyai kekuatan lebih besar akan menahan atau memikul elemen struktur yang mempunyai kekuatan lebih kecil.

Dengan demikian sistem bekerjanya beban untuk elemen-elemen struktur gedung bertingkat secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut :

Beban pelat lantai didistribusikan terhadap balok anak dan balok portal, beban balok portal didistribusikan ke kolom dan beban kolom kemudian diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi.

##### 2.1.3 Provisi Keamanan

Dalam pedoman beton SNI 03-2847-2002, struktur harus direncanakan untuk memiliki cadangan kekuatan untuk memikul beban yang lebih tinggi dari beban normal. Kapasitas cadangan ini mencakup faktor pembebanan ( $U$ ), yaitu untuk memperhitungkan pelampauan beban dan faktor reduksi ( $\phi$ ), yaitu untuk memperhitungkan kurangnya mutu bahan di lapangan. Pelampauan beban dapat terjadi akibat perubahan dari penggunaan untuk apa struktur direncanakan dan penafsiran yang kurang tepat dalam memperhitungkan pembebanan. Sedangkan kekurangan kekuatan dapat diakibatkan oleh variasi yang merugikan dari kekuatan bahan, pengerjaan, dimensi, pengendalian dan tingkat pengawasan.





Tabel 2.2. Faktor pembebanan U untuk beton

No.	KOMBINASI BEBAN	FAKTOR U
1.	L	1,4 D
1.	D, L	$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
2.	D, L, W	$1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R)$

Tabel 2.3. Faktor pembebanan U untuk baja

No.	KOMBINASI BEBAN	FAKTOR U
1.	L	1,4 D
1.	D, L	$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
2.	D, L, W	$1,2 D + 1,0 L \pm 1,3 W + 0,5 (A \text{ atau } R)$

## Keterangan :

D = Beban mati                      A = Beban atap  
 L = Beban hidup                  R = Beban hujan  
 W = Beban angin

Tabel 2.4. Faktor Reduksi Kekuatan Ø

No	GAYA	Ø
1.	Lentur tanpa beban aksial	0,80
2.	Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur	0,80
3.	Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur	
	➤ Komponen dengan tulangan spiral	0,70
	➤ Komponen lain	0,65
4.	Geser dan torsi	0,75
5.	Tumpuan Beton	0,65
6.	Komponen struktur yang memikul gaya tarik	
	1) Terhadap kuat tarik leleh	0,9
7.	2) Terhadap kuat tarik fraktur	0,75
	Komponen struktur yang memikul gaya tekan	0,85

commit to user



Karena kandungan agregat kasar untuk beton struktural seringkali berisi agregat kasar berukuran diameter lebih dari 2 cm, maka diperlukan adanya jarak tulangan minimum agar campuran beton basah dapat melewati tulangan baja tanpa terjadi pemisahan material sehingga timbul rongga - rongga pada beton. Sedang untuk melindungi dari karat dan kehilangan kekuatannya dalam kasus kebakaran, maka diperlukan adanya tebal selimut beton minimum.

Beberapa persyaratan utama pada pedoman beton SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut :

- a. Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari  $d_b$  ataupun 25 mm, dimana  $d_b$  adalah diameter tulangan.
- b. Jika tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapisan atas harus diletakkan tepat diatas tulangan di bawahnya dengan jarak bersih tidak boleh kurang dari 25 mm.

Tebal selimut beton minimum untuk beton yang dicor setempat adalah:

- |  |         |
|--|---------|
| a. Untuk pelat dan dinding                                 | = 20 mm |
| b. Untuk balok dan kolom                                   | = 40 mm |
| c. Beton yang berhubungan langsung dengan tanah atau cuaca | = 40 mm |

## **2.2. Perencanaan Atap**

### **a. Pembebanan**

Pada perencanaan atap ini, beban yang bekerja adalah :

- 1) Beban mati
- 2) Beban hidup
- 3) Beban air

### **b. Asumsi Perletakan**

- 1) Tumpuan sebelah kiri adalah sendi.
- 2) Tumpuan sebelah kanan adalah rol.

### **c. Analisa struktur menggunakan program SAP 2000.**

### **d. Analisa tampang menggunakan peraturan SNI 03-1729-2002.**



e. Perhitungan dimensi profil kuda-kuda.

1) Batang tarik

$$A_g \text{ perlu} = \frac{P_{mak}}{F_y}$$

$$A_n \text{ perlu} = 0,85.A_g$$

$$A_n = A_g - d t$$

$L$  = Panjang sambungan dalam arah gaya tarik

$$\bar{x} = Y - Y_p$$

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$

$$A_e = U.A_n$$

Cek kekuatan nominal :

**Kondisi leleh**

$$\phi P_n = 0,9.A_g.F_y$$

**Kondisi fraktur**

$$\phi P_n = 0,75.A_g.F_u$$

$$\phi P_n > P \dots\dots ( \text{aman} )$$

2) Batang tekan

Periksa kelangsingan penampang :

$$\frac{b}{t_w} = \frac{300}{\sqrt{F_y}}$$

$$\lambda_c = \frac{K.l}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Apabila } \lambda_c &\leq 0,25 & \longrightarrow & \omega = 1 \\
 0,25 < \lambda_s < 1,2 & \longrightarrow & \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \\
 \lambda_s &\geq 1,2 & \longrightarrow & \omega = 1,25\lambda_s^2
 \end{aligned}$$

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot F_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} < 1 \dots\dots ( \text{aman} )$$

### 2.3. Perencanaan Tangga

a. Pembebanan :

- 1) Beban mati
- 2) Beban hidup : 300 kg/m<sup>2</sup>

b. Asumsi Perletakan

- 1) Tumpuan bawah adalah jepit.
- 2) Tumpuan tengah adalah sendi.
- 3) Tumpuan atas adalah jepit.

c. Analisa struktur menggunakan program SAP 2000.

d. Analisa tampang menggunakan peraturan SNI 03-2847-2002.

e. Perhitungan untuk penulangan tangga

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

Dimana  $\phi = 0,8$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

commit to user



$$\rho_b = \frac{0,85.f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{tulangan tunggal}$$

$$\rho < \rho_{\min} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min} = 0,0025$$

$$A_s = \rho_{\text{ada}} \cdot b \cdot d$$

#### 2.4. Perencanaan Plat Lantai

a. Pembebanan :

1) Beban mati

2) Beban hidup : 250 kg/m<sup>2</sup>

b. Asumsi Perletakan : jepit elastis dan jepit penuh

c. Analisa struktur menggunakan tabel 13.3.2 SNI 03-1727-1989.

d. Analisa tampang menggunakan SNI 03-2847-2002.

Pemasangan tulangan lentur disyaratkan sebagai berikut :

1) Jarak minimum tulangan sengkang 25 mm

2) Jarak maksimum tulangan sengkang 240 atau 2h

Penulangan lentur dihitung analisa tulangan tunggal dengan langkah-langkah sebagai berikut :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$\text{dimana, } \phi = 0,80$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot x \cdot d^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85.f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$



$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$   $\longrightarrow$  tulangan tunggal

$\rho < \rho_{\min}$   $\longrightarrow$  dipakai  $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_s = \rho_{ada} \cdot b \cdot d$$

Luas tampang tulangan

$A_s = \text{Jumlah tulangan} \times \text{Luas}$

## 2.5. Perencanaan Balok Anak

a. Pembebanan :

1) Beban mati

2) Beban hidup :  $250 \text{ kg/m}^2$

b. Asumsi Perletakan : jepit jepit

c. Analisa struktur menggunakan program SAP 2000.

d. Analisa tampang menggunakan peraturan SNI 03-2847-2002.

Perhitungan tulangan lentur :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

dimana,  $\phi = 0,80$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$   $\longrightarrow$  tulangan tunggal

$\rho < \rho_{\min}$   $\longrightarrow$  dipakai  $\rho_{\min}$



Perhitungan tulangan geser :

$$\phi = 0,60$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b x d$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c$$

$$\phi V_c \leq V_u \leq 3 \phi V_c$$

( perlu tulangan geser )

$$V_u < \phi V_c < 3 \phi V_c$$

(tidak perlu tulangan geser)

$$V_s \text{ perlu} = V_u - V_c$$

( pilih tulangan terpasang )

$$V_s \text{ ada} = \frac{(A_v \cdot f_y \cdot d)}{s}$$

( pakai  $V_s$  perlu )

## 2.6. Perencanaan Portal

a. Pembebanan :

- 1) Beban mati
- 2) Beban hidup :  $200 \text{ kg/m}^2$

b. Asumsi Perletakan

- 1) Jepit pada kaki portal.
- 2) Bebas pada titik yang lain

c. Analisa struktur menggunakan program SAP 2000.

Perhitungan tulangan lentur :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

dimana,  $\phi = 0,80$

$$m = \frac{f_y}{0,85 x f'_c}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x d^2}$$





$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \longrightarrow \text{tulangan tunggal}$$

$$\rho < \rho_{\min} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\min}$$

Perhitungan tulangan geser :

$$\phi = 0,60$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c$$

$$\phi V_c \leq V_u \leq 3 \phi V_c$$

( perlu tulangan geser )

$$V_u < \phi V_c < 3 \phi V_c$$

(tidak perlu tulangan geser)

$$V_s \text{ perlu} = V_u - V_c$$

( pilih tulangan terpasang )

$$V_s \text{ ada} = \frac{(A_v \cdot f_y \cdot d)}{s}$$

( pakai  $V_s$  perlu )

## 2.7. Perencanaan Pondasi

- Pembebanan : Beban aksial dan momen dari analisa struktur portal akibat beban mati dan beban hidup.
- Analisa tampang menggunakan peraturan SNI 03-2847-2002.



Perhitungan kapasitas dukung pondasi :

$$\sigma_{\text{yang terjadi}} = \frac{V_{\text{tot}}}{A} + \frac{M_{\text{tot}}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot L^2}$$

$$= \sigma_{\text{tan ahterjadi}} < \sigma_{\text{ijin tanah}} \dots \dots \dots (\text{dianggap aman})$$

Sedangkan pada perhitungan tulangan lentur

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot t^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot x f'_c}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x d^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}} \longrightarrow \text{tulangan tunggal}$$

$$\rho < \rho_{\text{min}} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,0036$$

$$A_s = \rho_{\text{ada}} \cdot b \cdot d$$

Luas tampang tulangan

$$A_s = \rho b x d$$

Perhitungan tulangan geser :

$$V_u = \sigma \times A_{\text{efektif}}$$

$$\phi = 0,60$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot x \sqrt{f'_c} \cdot b x d$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c$$



$$\Phi \cdot V_c \leq V_u \leq 3 \Phi V_c$$

( perlu tulangan geser )

$$V_u < \Phi V_c < 3 \Phi V_c$$

(tidak perlu tulangan geser)

$$V_s \text{ perlu} = V_u - V_c$$

( pilih tulangan terpasang )

$$V_s \text{ ada} = \frac{(A_v \cdot f_y \cdot d)}{s}$$

( pakai  $V_s$  perlu )





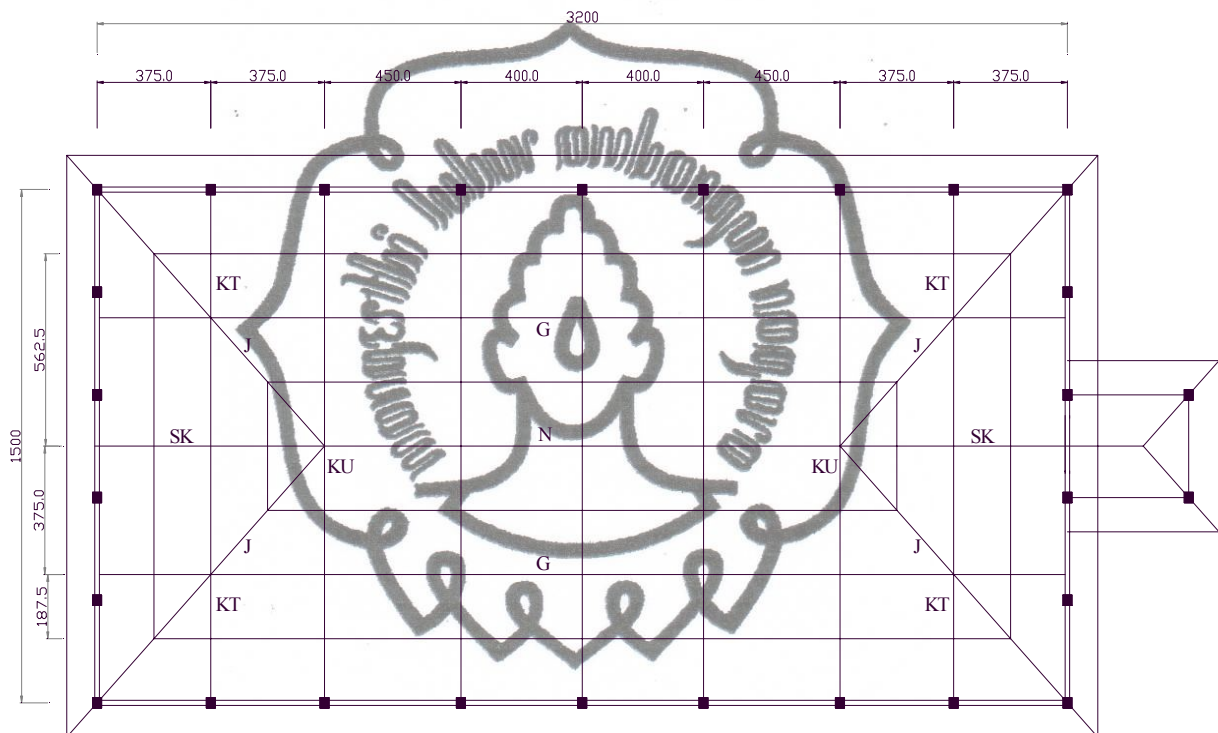
## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

### BAB 3

### PERENCANAAN ATAP

#### 3.1. Rencana Atap



**Gambar 3.1.** Denah Rencana Atap

Keterangan :

KU = Kuda-kuda utama

G = Gording

KT = Kuda-kuda trapesium

N = Nok

SK = Setengah kuda-kuda utama

J = Jurai

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

18

#### 3.1.1. Dasar Perencanaan

Secara umum data yang digunakan untuk perhitungan rencana atap adalah sebagai berikut :

- a. Bentuk rangka kuda-kuda : seperti gambar
  - b. Jarak antar kuda-kuda : 4,5 m
  - c. Kemiringan atap ( $\alpha$ ) :  $30^\circ$
  - d. Bahan gording : baja profil kanal (  $\left[ \right]$  )
  - e. Bahan rangka kuda-kuda : baja profil *double* siku sama kaki (  $\left[ \right] \left[ \right]$  )
  - f. Bahan penutup atap : genteng tanah liat
  - g. Alat sambung : baut-mur.
  - h. Jarak antar gording : 2,165 m
  - i. Bentuk atap : limasan
  - j. Mutu baja profil : Bj-37
- $\sigma_{ijin} = 2400 \text{ kg/cm}^2$   
 $\sigma_{Leleh} = 3700 \text{ kg/cm}^2$  (SNI 03-1729-2002)

#### 3.2. Perencanaan Gording

##### 3.2.1. Perencanaan Pembebanan

Dicoba menggunakan gording dengan dimensi baja profil tipe kanal (  $\left[ \right]$  )

220 x 80 x 9 x 12,5 pada perencanaan kuda-kuda dengan data sebagai berikut :

- |                  |                         |          |                         |
|------------------|-------------------------|----------|-------------------------|
| a. Berat gording | = 29,4 kg/m.            | f. $t_s$ | = 12,5 mm               |
| b. $I_x$         | = $2690 \text{ cm}^4$ . | g. $t_b$ | = 12,5 mm               |
| c. $I_y$         | = $197 \text{ cm}^4$ .  | h. $W_x$ | = $245 \text{ cm}^3$ .  |
| d. $h$           | = 220 mm                | i. $W_y$ | = $33,6 \text{ cm}^3$ . |
| e. $b$           | = 80 mm                 |          |                         |

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

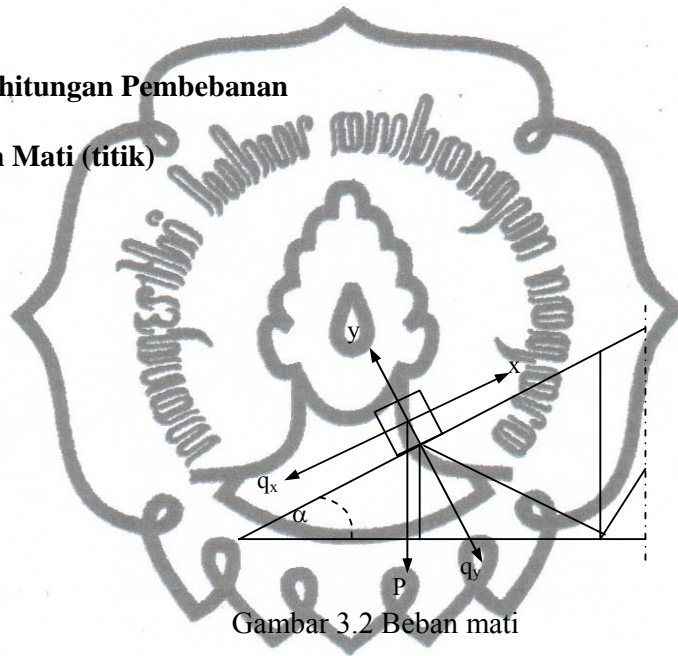
19

Pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1989), sebagai berikut :

- Berat penutup atap =  $50 \text{ kg/m}^2$ .
- Beban angin =  $25 \text{ kg/m}^2$ .
- Berat hidup (pekerja) =  $100 \text{ kg}$ .
- Berat penggantung dan plafond =  $18 \text{ kg/m}^2$

### 3.2.2. Perhitungan Pembebanan

#### a. Beban Mati (titik)



Gambar 3.2 Beban mati

Berat gording	=	29,4	kg/m
Berat penutup atap	= ( 2,165 x 50 )	=	108,25 kg/m
Berat plafon	= ( 2 x 18 )		25 kg/m
			+
	q	=	173,65 kg/m

$$q_x = q \sin \alpha = 173,65 \times \sin 30^\circ = 86,83 \text{ kg/m.}$$

$$q_y = q \cos \alpha = 173,65 \times \cos 30^\circ = 150,39 \text{ kg/m.}$$

$$M_{x1} = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 150,39 \times (4,5)^2 = 380,67 \text{ kgm.}$$

$$M_{y1} = \frac{1}{8} \cdot q_x \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 86,83 \times (4,5)^2 = 219,79 \text{ kgm.}$$

*commit to user*

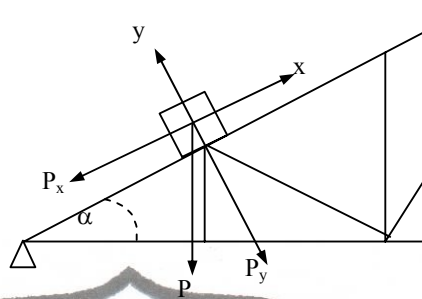


## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

20

#### b. Beban hidup



Gambar 3.3 Beban hidup

P diambil sebesar 100 kg.

$$P_x = P \sin \alpha = 100 \times \sin 30^\circ = 50 \text{ kg.}$$

$$P_y = P \cos \alpha = 100 \times \cos 30^\circ = 86,602 \text{ kg.}$$

$$M_{x2} = \frac{1}{4} \cdot P_y \cdot L = \frac{1}{4} \times 86,602 \times 4,5 = 97,43 \text{ kgm.}$$

$$M_{y2} = \frac{1}{4} \cdot P_x \cdot L = \frac{1}{4} \times 50 \times 4,5 = 56,25 \text{ kgm.}$$

#### c. Beban angin



Gambar 3.4 Beban angin

Beban angin kondisi normal, minimum =  $25 \text{ kg/m}^2$  (PPIUG 1989)

Koefisien kemiringan atap ( $\alpha$ ) =  $30^\circ$

$$\begin{aligned} 1) \text{ Koefisien angin tekan} &= (0,02\alpha - 0,4) \\ &= (0,02 \cdot 30 - 0,4) \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

$$2) \text{ Koefisien angin hisap} = -0,4$$

Beban angin :

$$\begin{aligned} 1) \text{ Angin tekan } (W_1) &= \text{koef. Angin tekan} \times \text{beban angin} \times \frac{1}{2} \times (s_1 + s_2) \\ &= 0,2 \times 25 \times \frac{1}{2} \times (2,3 + 2,3) = 11,5 \text{ kg/m.} \end{aligned}$$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

21

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Angin hisap } (W_2) &= \text{koef. Angin hisap} \times \text{beban angin} \times 1/2 \times (s_1 + s_2) \\
 &= -0,4 \times 25 \times 1/2 \times (2,3 + 2,3) = -23 \text{ kg/m.}
 \end{aligned}$$

Beban yang bekerja pada sumbu x, maka hanya ada harga  $M_x$  :

$$1) M_{x(\text{tekan})} = 1/8 \cdot W_1 \cdot L^2 = 1/8 \times 11,5 \times (4,5)^2 = 29,11 \text{ kgm.}$$

$$2) M_{x(\text{hisap})} = 1/8 \cdot W_2 \cdot L^2 = 1/8 \times -23 \times (4,5)^2 = -58,22 \text{ kgm.}$$

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1,6L \pm 0,8w$$

$$\begin{aligned}
 1) \quad M_x \\
 M_{x(\text{max})} &= 1,2D + 1,6L + 0,8 \\
 &= 1,2(380,67) + 1,6(97,43) + 0,8(29,11) = 635,98 \text{ kgm} \\
 M_{x(\text{min})} &= 1,2D + 1,6L - 0,8W \\
 &= 1,2(380,67) + 1,6(97,43) - 0,8(58,22) = 566,12 \text{ kgm} \\
 2) \quad M_y \\
 M_{x(\text{max})} &= M_{x(\text{min})} \\
 &= 1,2(219,97) + 1,6(56,25) = 353,75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.1 Kombinasi Gaya Dalam Pada Gording

Momen	Beban Mati	Beban Hidup	Beban Angin		Kombinasi	
			Tekan	Hisap	Maksimum	Minimum
$M_x$ (kgm)	395,38	97,43	29,11	-58,22	635,98	566,12
$M_y$ (kgm)	228,32	56,25	-	-	353,75	353,75

### 3.2.3. Kontrol Tahanan Momen

a. Kontrol terhadap momen maksimum

$$M_{ux} = 635,98 \text{ kgm} = 635,98 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_{uy} = 353,75 \text{ kgm} = 353,75 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_{nx} = W_x \cdot f_y = 245 \times 10^3 (240) = 58800000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ny} = W_y \cdot f_y = 33,6 \times 10^3 (240) = 8064000 \text{ Nmm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

22

Cek tahanan momen lentur

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1,0$$

$$\frac{635,98 \times 10^4}{0,9 \times 58800000} + \frac{353,75 \times 10^4}{0,9 \times 8064000} \leq 1,0$$

$$0,61 \leq 1,0 \dots\dots\dots ( \text{aman} )$$

#### 3.2.4. Kontrol Terhadap Lendutan

Di coba profil : 220 x 80 x 9 x 12,5

$$E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_x = 2690 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 197 \text{ cm}^4$$

$$q_x = 0,902 \text{ kg/cm}$$

$$q_y = 1,56 \text{ kg/cm}$$

$$P_x = 50 \text{ kg}$$

$$P_y = 86,602 \text{ kg}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$Z_{ijin} = \frac{1}{240} \times 450 = 1,875 \text{ cm}$$

$$Z_x = \frac{5.q_x.L^4}{384.E.I_y} + \frac{P_x.L^3}{48.E.I_y}$$

$$= \frac{5.0,902(450)^4}{384.2.10^6.197} + \frac{50.450^3}{48.2.10^6.197} = 1,46 \text{ cm}$$

$$Z_y = \frac{5.q_y.L^4}{384.E.I_x} + \frac{P_y.L^3}{48.E.I_x}$$


$$= \frac{5.1,56.(450)^4}{384.2 \times 10^6.2690} + \frac{86,602.(450)^3}{48.2.10^6.2690} = 0,18 \text{ cm}$$

$$Z = \sqrt{Z_x^2 + Z_y^2}$$

$$= \sqrt{(1,46)^2 + (0,18)^2} = 1,49 \text{ cm}$$

$$Z \leq Z_{ijin}$$

$$1,49 \text{ cm} \leq 1,875 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \text{aman !}$$

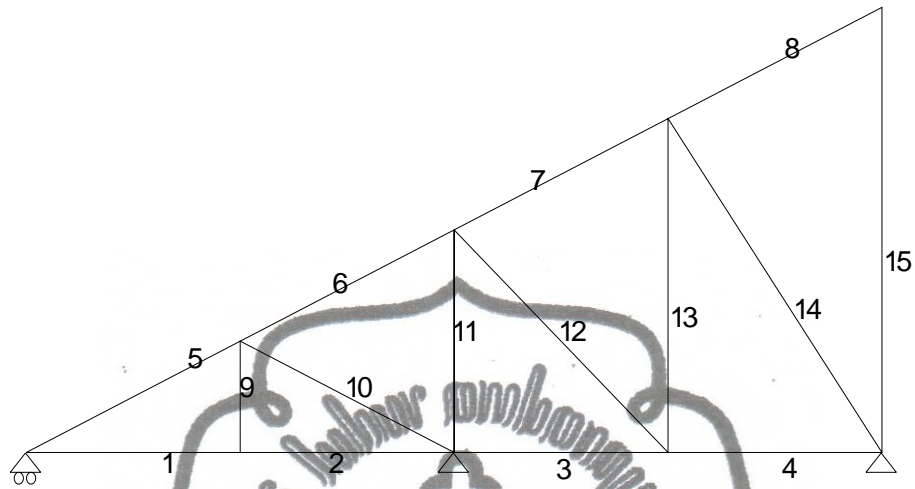
Jadi, baja profil *kanal* (  ) dengan dimensi **220 x 80 x 9 x 12,5** aman dan mampu menerima beban apabila digunakan untuk gording.



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### 3.3. Perencanaan Jurai



Gambar 3.5. Rangka Batang Jurai

##### 3.3.1. Perhitungan Panjang Batang Jurai

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3.2. Panjang Batang pada Jurai

Nomer Batang	Panjang Batang (m)
1	2,652
2	2,652
3	2,652
4	2,652
5	2,864
6	2,864
7	2,864
8	2,864
9	1,083
10	2,864
11	2,165
12	3,423

*commit to user*

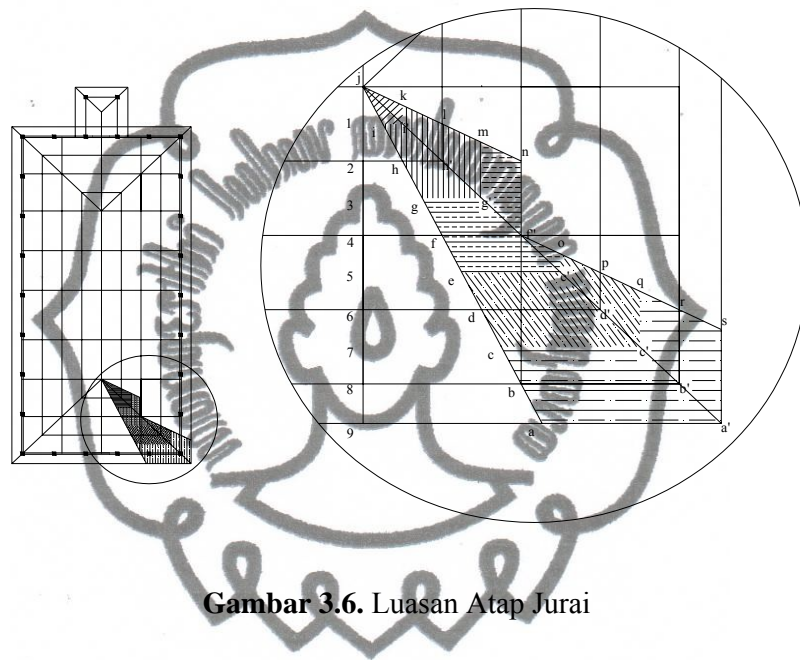


## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

13	3,226
14	4,193
15	4,330

#### 3.3.2. Perhitungan luasan jurai



Gambar 3.6. Luasan Atap Jurai

$$\text{Panjang } j1 = \frac{1}{2} \cdot 2,165 = 1,082 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } j1 = 1-2 = 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6 = 6-7 = 7-8 = 8-9 = 1,082 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } aa' = 2,375 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } a's = 4,250 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } cc' = 1,406 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } c'q = 3,281 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } ee' = 0,468 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } e'o = 2,334 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } gg' = g'm = 1,397 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } ii' = i'k = 0,468 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Luas } aa'sqc'c &= \left( \frac{1}{2} (aa' + cc') 7-9 \right) + \left( \frac{1}{2} (a's + c'q) 7-9 \right) \\ &= \left( \frac{1}{2} (2,375 + 1,406) 2 \cdot 1,082 \right) + \left( \frac{1}{2} (4,250 + 3,281) 2 \cdot 1,082 \right) \\ &= 12,239 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\bullet \text{ Luas } cc'qoe'e = \left( \frac{1}{2} (cc' + ee') 5-7 \right) + \left( \frac{1}{2} (c'q + e'o) 5-7 \right)$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

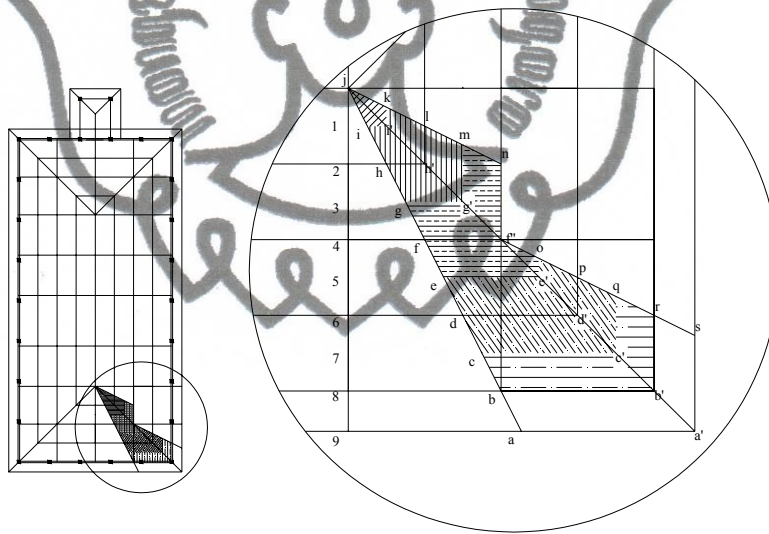
$$= (\frac{1}{2} (1,406 + 0,468) 2 \cdot 1,082) + (\frac{1}{2} (3,281 + 2,334) 2 \cdot 1,082)$$

$$= 8,101 \text{ m}^2$$

- **Luas ee'omg'gff'**  $= (\frac{1}{2} 4-5 \cdot ee') + (\frac{1}{2} (e'o + g'm) 3-5) + (\frac{1}{2} (ff' + gg') 3-5)$   
 $= (\frac{1}{2} \times 1,082 \times 0,468) + (\frac{1}{2} (2,334 + 1,397) 1,082) + (\frac{1}{2} (1,875 + 1,379) 1,082)$   
 $= 4,042 \text{ m}^2$

- **Luas gg'mki'i**  $= (\frac{1}{2} (gg' + ii') 1-3) \times 2$   
 $= (\frac{1}{2} (1,397 + 0,468) 2 \cdot 1,082) \times 2$   
 $= 2,018 \text{ m}^2$

- **Luas jii'k**  $= (\frac{1}{2} \times ii' \times j1) \times 2$   
 $= (\frac{1}{2} \times 0,468 \times 1,082) \times 2$   
 $= 0,506 \text{ m}^2$



**Gambar 3.7.** Luasan Plafon Jurai

Panjang j1  $= \frac{1}{2} \cdot 1,875 = 0,93 \text{ m}$

Panjang j1  $= 1-2 = 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6 = 6-7 = 7-8 = 8-9 = 0,93 \text{ m}$

Panjang bb'  $= 1,875 \text{ m}$

Panjang b'r  $= 3,741 \text{ m}$

Panjang cc'  $= 1,406 \text{ m}$

Panjang c'q  $= 3,272 \text{ m}$

Panjang ee'  $= 0,468 \text{ m}$

Panjang e'o  $= 2,343 \text{ m}$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\text{Panjang } gg' = g'm = 1,406 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } ii' = i'k = 0,468 \text{ m}$$

- Luas bb'rqc'**

$$= (\frac{1}{2} (bb' + cc') 7-8) + (\frac{1}{2} (b'r + c'q) 7-8)$$

$$= (\frac{1}{2} (2,048 + 1,537) 0,9) + (\frac{1}{2} (3,787 + 3,314) 0,9)$$

$$= 4,809 \text{ m}^2$$
- Luas cc'qoe'e**

$$= (\frac{1}{2} (cc' + ee') 5-7) + (\frac{1}{2} (c'q + e'o) 5-7)$$

$$= (\frac{1}{2} (1,537 + 0,515) 2 \cdot 0,9) + (\frac{1}{2} (3,314 + 2,367) 2 \cdot 0,9)$$

$$= 6,960 \text{ m}^2$$
- Luas ee'omg'gff'**

$$= (\frac{1}{2} 4-5 \cdot ee') + (\frac{1}{2} (e'o + g'm) 3-5) + (\frac{1}{2} (ff' + gg') 3-5)$$

$$= (\frac{1}{2} \times 0,9 \times 0,515) + (\frac{1}{2} (2,367 + 1,41) 1,8) + (\frac{1}{2} (1,89 + 1,51) 1,8)$$

$$= 6,520 \text{ m}^2$$
- Luas gg'mki'i**

$$= (\frac{1}{2} (gg' + ii') 1-3) \times 2$$

$$= (\frac{1}{2} (1,41 + 0,471) 2 \cdot 0,9) \times 2$$

$$= 3,386 \text{ m}^2$$
- Luas jii'k**

$$= (\frac{1}{2} \times ii' \times j1) \times 2$$

$$= (\frac{1}{2} \times 0,471 \times 0,9) \times 2$$

$$= 0,424 \text{ m}^2$$

### 3.3.3. Perhitungan Pembebanan Jurai

Data-data pembebanan :

$$\text{Berat gording} = 29,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat plafon dan penggantung} = 18 \text{ kg/m}^2$$

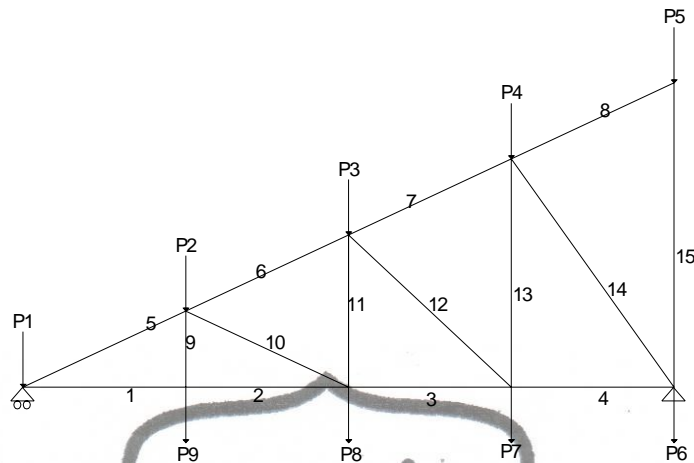
$$\text{Berat profil kuda-kuda} = 15 \text{ kg/m}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai



**Gambar 3.8.** Pembebanan jurai akibat beban mati

#### a. Beban Mati

##### 1) Beban P1

- Beban Gording = berat profil gording  $\times$  panjang gording bb'r  
 $= 29,4 \times (2,048 + 3,787) = 165,11 \text{ kg}$
- Beban Atap = luasan aa'sqc'c  $\times$  berat atap  
 $= 10,998 \times 50 = 549,9 \text{ kg}$
- Beban Plafon = luasan bb'rqc'c'  $\times$  berat plafon  
 $= 4,809 \times 18 = 73,602 \text{ kg}$
- Beban Kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{btg} (1 + 5) \times \text{berat profil kuda-kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,652 + 2,864) \times 25$   
 $= 68,95 \text{ kg}$
- Beban Plat Sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 68,95 = 20,685 \text{ kg}$
- Beban Bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 68,95 = 6,895 \text{ kg}$

##### 2) Beban P2

- Beban Gording = berat profil gording  $\times$  panjang gording dd'p  
 $= 29,4 \times (1,022 + 2,841) = 110,22 \text{ kg}$
- Beban Atap = luasan cc'qoe'e  $\times$  berat atap  
 $= 7,426 \times 50 = 371,3 \text{ kg}$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\begin{aligned} \text{c) Beban Kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{btg} (5 + 9 + 10 + 6) \times \text{berat profil kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (2,864 + 1,083 + 2,864 + 2,864) \times 25 \\ &= 120,937 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban Plat Sambung} &= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 30 \% \times 120,937 = 36,281 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e) Beban Bracing} &= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10 \% \times 120,937 = 12,094 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 3) Beban P3

$$\begin{aligned} \text{a) Beban Gording} &= \text{berat profil gording} \times \text{panjang gording} \\ &= 29,4 \times (1,894 + 1,894) = 110,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban Atap} &= \text{luas atap} \times \text{berat atap} \\ &= 6,862 \times 50 = 343,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban Kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{btg} (6 + 11 + 12 + 7) \times \text{berat profil kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (2,864 + 2,165 + 3,423 + 2,864) \times 25 \\ &= 146,963 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban Plat Sambung} &= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 30 \% \times 146,963 = 44,089 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e) Beban Bracing} &= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10 \% \times 146,963 = 14,696 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4) Beban P4

$$\begin{aligned} \text{a) Beban Gording} &= \text{berat profil gording} \times \text{panjang gording} \\ &= 29,4 \times (0,937 + 0,937) = 55,096 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban Atap} &= \text{luas atap} \times \text{berat atap} \\ &= 3,525 \times 50 = 176,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban Kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{btg} (7 + 13 + 15 + 8) \times \text{berat profil kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (2,864 + 3,226 + 4,193 + 2,864) \times 25 \\ &= 164,338 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban Plat Sambung} &= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 30 \% \times 164,338 = 49,301 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e) Beban Bracing} &= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10 \% \times 164,338 = 16,434 \text{ kg} \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### 5) Beban P5

- a) Beban Atap =  $\text{luasan jii'k} \times \text{berat atap}$   
 $= 0,441 \times 50 = 22,05 \text{ kg}$
- b) Beban Kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{btg } (8+15) \times \text{berat profil kuda-kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,864 + 4,33) \times 25$   
 $= 89,925 \text{ kg}$
- c) Beban Plat Sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 89,925 = 26,977 \text{ kg}$
- d) Beban Bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 89,925 = 8,992 \text{ kg}$

#### 6) Beban P6

- a) Beban Plafon =  $\text{luasan jii'k} \times \text{berat plafon}$   
 $= 0,424 \times 18 = 7,632 \text{ kg}$
- b) Beban Kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{btg } (15 + 14 + 4) \times \text{berat profil kuda-kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (4,33 + 4,193 + 2,652) \times 25$   
 $= 139,687 \text{ kg}$
- c) Beban Plat Sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 139,687 = 41,906 \text{ kg}$
- d) Beban Bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 139,687 = 13,969 \text{ kg}$

#### 7) Beban P7

- a) Beban Plafon =  $\text{luasan gg'mki'i} \times \text{berat plafon}$   
 $= 3,386 \times 18 = 60,948 \text{ kg}$
- b) Beban Kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{btg } (4 + 12 + 13 + 3) \times \text{berat profil kuda-kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,652 + 3,226 + 3,423 + 2,652) \times 25$   
 $= 149,412 \text{ kg}$
- c) Beban Plat Sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 149,412 = 44,824 \text{ kg}$
- d) Beban Bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 149,412 = 14,941 \text{ kg}$

#### 8) Beban P8

- a) Beban Plafon =  $\text{luasan ee'omg'gff} \times \text{berat plafon}$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$= 6,52 \times 18 = 117,36 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban Kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{btg} (3 + 11 + 4 + 10) \times \text{berat profil kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (2,652 + 2,652 + 3,423 + 2,864) \times 25 \\ &= 144,887 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban Plat Sambung} &= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 30 \% \times 144,887 = 43,466 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban Bracing} &= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10 \% \times 144,887 = 14,487 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 9) Beban P9

$$\begin{aligned} \text{a) Beban Plafon} &= \text{luasan cc'goe'e} \times \text{berat plafon} \\ &= 6,96 \times 18 = 125,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban Kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{btg} (2 + 9 + 1) \times \text{berat profil kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (2,652 + 1,083 + 2,652) \times 25 \\ &= 79,837 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban Plat Sambung} &= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 30 \% \times 79,837 = 23,951 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban Bracing} &= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10 \% \times 79,837 = 7,984 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Tabel 3.3.** Rekapitulasi Pembebanan Jurai

Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda-kuda (kg)	Beban Bracing (kg)	Beban Plat Penyambung (kg)	Beban Plafon (kg)	Jumlah Beban (kg)	Input SAP 2000 (kg)
P1	549,9	165,11	68,950	6,895	20,685	73,602	784,217	957
P2	371,3	110,22	120,937	12,094	36,281	-	685,105	685
P3	343,1	110,25	146,963	15,696	47,089	-	521,516	522
P4	176,25	55,096	164,338	16,434	49,301	-	385,937	386
P5	28,9	-	89,925	8,992	26,977	-	151,794	152
P6	-	-	139,687	13,969	41,906	7,632	203,194	203
P7	-	-	149,412	14,941	44,824	60,948	270,125	270
P8	-	-	144,887	14,487	43,466	117,36	320,200	320
P9	-	-	79,837	7,984	23,951	125,28	237,052	238

*commit to user*



## Tugas Akhir

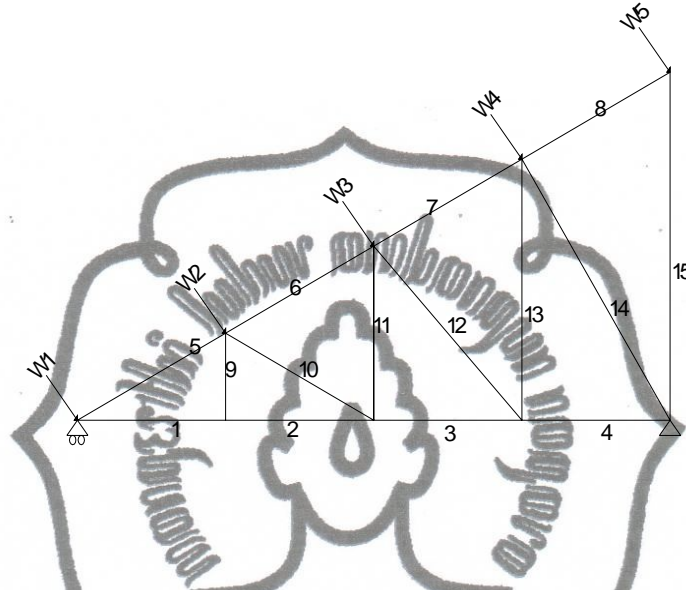
### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### b. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada  $P1 = P2 = P3 = P4 = P5 = 100 \text{ kg}$

#### c. Beban Angin

Perhitungan beban angin :



**Gambar 3.9.** Pembebanan Jurai akibat Beban Angin

Beban angin kondisi normal, minimum =  $25 \text{ kg/m}^2$ .

- Koefisien angin tekan =  $0,02\alpha - 0,40$   
 $= (0,02 \times 30) - 0,40 = 0,2$ 
  - a)  $W1 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 10,998 \times 0,2 \times 25 = 54,99 \text{ kg}$
  - b)  $W2 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 7,426 \times 0,2 \times 25 = 37,13 \text{ kg}$
  - c)  $W3 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 6,862 \times 0,2 \times 25 = 34,31 \text{ kg}$
  - d)  $W4 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 3,525 \times 0,2 \times 25 = 17,625 \text{ kg}$
  - e)  $W5 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 0,441 \times 0,2 \times 25 = 2,205 \text{ kg}$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

**Tabel 3.4.** Perhitungan Beban Angin Jurai

Beban Angin	Beban (kg)	$W_x$ $W \cdot \cos \alpha$ (kg)	(Untuk Input SAP2000)	$W_y$ $W \cdot \sin \alpha$ (kg)	(Untuk Input SAP2000)
W1	54,99	50,986	51	20,600	21
W2	37,13	34,426	35	13,909	14
W3	34,31	31,812	32	12,853	13
W4	17,625	16,342	17	6,602	7
W5	2,205	2,044	3	0,826	1

Dari perhitungan mekanika dengan menggunakan program **SAP 2000** diperoleh gaya batang yang bekerja pada batang setengah kuda-kuda sebagai berikut :

**Tabel 3.5.** Rekapitulasi Gaya Batang Jurai

Batang	kombinasi	
	Tarik (+) (kg)	Tekan (-) (kg)
1	805,27	
2	782,43	
3		270,55
4	270,55	
5		930,37
6	995,73	
7		400,88
8	919,61	
9	359,06	
10		1921,02
11		1597,24
12	719,36	
13	53,17	
14		812,45
15		50,39

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### 3.4. Perencanaan Profil Jurai

##### a. Perhitungan profil batang tarik

$$P_{maks.} = 995,73 \text{ kg}$$

$$L = 2,296 \text{ m}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

##### Kondisi leleh

$$P_{maks.} = \phi \cdot f_y \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_{maks.}}{\phi \cdot f_y} = \frac{995,73}{0,9 \cdot 2400} = 0,46 \text{ cm}^2$$

##### Kondisi fraktur

$$P_{maks.} = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$P_{maks.} = \phi \cdot f_u \cdot A_n \cdot U$$

(U = 0,75 didapat dari buku LRFD hal.39)

$$A_n = \frac{P_{maks.}}{\phi \cdot f_u \cdot U} = \frac{995,73}{0,75 \cdot 3700 \cdot 0,75} = 0,49 \text{ cm}^2$$

$$i_{min} = \frac{L}{240} = \frac{229,6}{240} = 0,956 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **L 45.45.5**

Dari tabel didapat  $A_g = 4,3 \text{ cm}^2$

$$i = 1,35 \text{ cm}$$

##### Berdasarkan $A_g$ kondisi leleh

$$A_g = 0,46/2 = 0,23 \text{ cm}^2$$

##### Berdasarkan $A_g$ kondisi fraktur

$$\text{Diameter baut} = 1/2 \cdot 2,54 = 12,7 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lubang} = 12,7 + 2 = 14,7 \text{ mm} = 1,47 \text{ cm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$A_g = A_n + n.d.t$$

$$= (0,49/2) + 1.1,47.0,5$$

$$= 0,98 \text{ cm}^2$$

$$A_g \text{ yang menentukan} = 1,3 \text{ cm}^2$$

Digunakan **┘ 45.45.5** maka, luas profil  $4,3 > 0,98$  ( aman )

inersia  $1,35 > 0,956$  ( aman )

#### b. Perhitungan profil batang tekan

$$P_{maks.} = 1921,02 \text{ kg}$$

$$L = 2,652 \text{ m}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **┘ 45.45.5**

Dari tabel didapat nilai – nilai :

$$A_g = 2.4,3 = 8,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,35 \text{ cm} = 13,5 \text{ mm}$$

$$b = 45 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Periksa kelangsingan penampang :

$$\frac{b}{t} \leq \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{45}{5} \leq \frac{200}{\sqrt{240}} = 9 \leq 12,910$$

$$\lambda_c = \frac{kL}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}}$$

$$= \frac{1(2652)}{13,5} \sqrt{\frac{240}{3,14^2 \times 2 \times 10^5}}$$

$$= 2,17$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Karena  $\lambda_c > 1,2$  maka :

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2$$

$$\omega = 1,25 \cdot 2,17^2 = 5,87$$

$$P_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega} = 860 \frac{240}{5,87} = 35161,84 \text{ N} = 3516,18 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1921,02}{0,85 \cdot 3516,18} = 0,64 < 1 \text{ ..... ( aman )}$$

#### 3.4.1. Perhitungan Alat Sambung

##### a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches)

Diameter lubang = 14,7 mm.

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d_b \\ &= 0,625 \cdot 12,7 = 7,94 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tahanan geser baut

$$\begin{aligned} P_n &= m \cdot (0,4 \cdot f^{ub}) \cdot A_n \\ &= 2 \cdot (0,4 \cdot 825) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 8356,43 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

➤ Tahanan tarik penyambung

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 \cdot f^{ub} \cdot A_n \\ &= 7833,9 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

➤ Tahanan Tumpu baut :

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 (2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t) \\ &= 0,75 (2,4 \cdot 370 \cdot 12,7 \cdot 9) \\ &= 7612,38 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{tumpu} = 7612,38 \text{ kg}$ .

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P_{geser}} = \frac{1921,02}{7612,38} = 0,25 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$a) 1,5d \leq S_1 \leq 3d$$

$$\text{Diambil, } S_1 = 2,5 d_b = 3 \cdot 12,7$$

$$= 3,175 \text{ mm}$$

$$= 30 \text{ mm}$$

$$b) 2,5 d \leq S_2 \leq 7d$$

$$\text{Diambil, } S_2 = 5 d_b = 1,5 \cdot 12,7$$

$$= 6,35 \text{ mm}$$

$$= 6 \text{ mm}$$

#### b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches )

Diameter lubang = 14,7 mm.

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d_b \\ &= 0,625 \times 12,7 = 7,94 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

#### ➤ Tahanan geser baut

$$\begin{aligned} P_n &= n \cdot (0,4 \cdot f^{ub}) \cdot A_n \\ &= 2 \cdot (0,4 \cdot 825) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 8356,43 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

#### ➤ Tahanan tarik penyambung

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 \cdot f^{ub} \cdot A_n \\ &= 7833,9 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

#### ➤ Tahanan Tumpu baut :

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 (2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t) \\ &= 0,75 (2,4 \cdot 370 \cdot 12,7 \cdot 9) \\ &= 7612,38 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{tumpu} = 7612,38 \text{ kg}$ .

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P_{geser}} = \frac{995,73}{7612,38} = 0,130 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut (SNI Pasal 13.14) :

1)  $3d \leq S_1 \leq 15 t_p$ , atau 200 mm

$$\text{Diambil, } S_1 = 3d = 3 \cdot 1,27$$

$$= 3,81 \text{ cm}$$

$$= 4 \text{ cm}$$

2)  $1,5d \leq S_2 \leq (4t_p + 100\text{mm})$ , atau 200 mm

$$\text{Diambil, } S_2 = 1,5d = 1,5 \cdot 1,27$$

$$= 1,905 \text{ cm}$$

$$= 2 \text{ cm}$$

**Tabel 3.6. Rekapitulasi Perencanaan Profil Jurai**

Nomor Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
2	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
3	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
4	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
5	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
6	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
7	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
8	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
9	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
10	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
11	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
12	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
13	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
14	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
15	└ 45.45.5	2 Ø 12,7

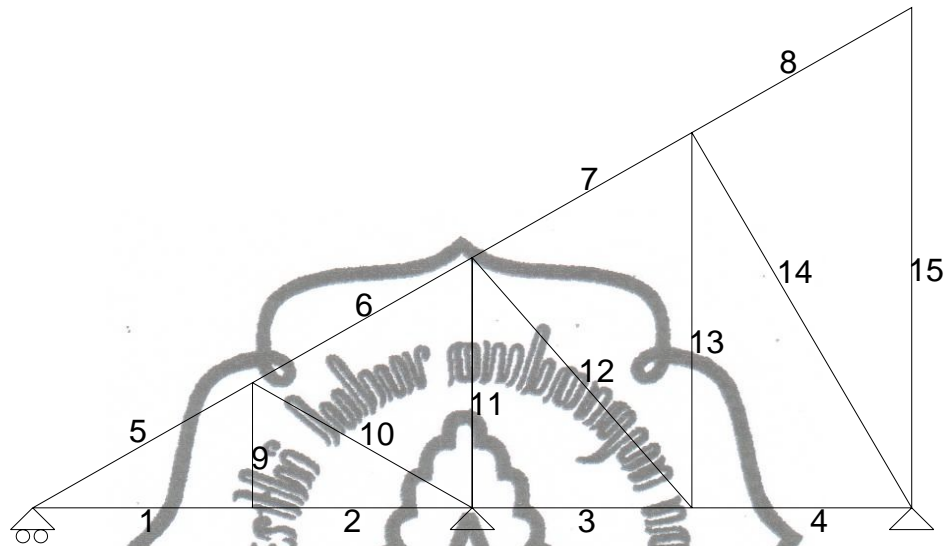
*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### 3.5. Perencanaan Setengah Kuda-kuda



**Gambar 3.10.** Rangka Batang Setengah Kuda-kuda

##### 3.5.1. Perhitungan Panjang Batang Setengah Kuda-kuda

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

**Tabel 3.7.** Perhitungan Panjang Batang pada Setengah Kuda-kuda

Nomer Batang	Panjang Batang
1	1,875
2	1,875
3	1,875
4	1,875
5	2,165
6	2,165
7	2,165
8	2,165
9	1,083

*commit to user*

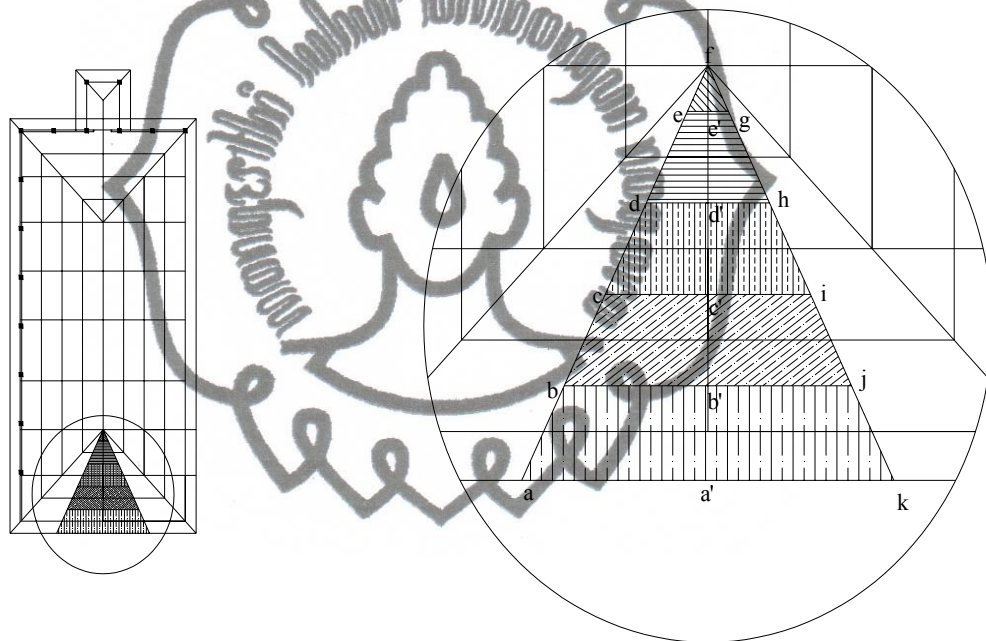


## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

10	2,165
11	2,165
12	2,165
13	2,864
14	3,248
15	3,750
16	4,330

#### 3.5.2. Perhitungan luasan Setengah Kuda-kuda



**Gambar 3.11.** Luasan Atap Setengah Kuda-kuda

Panjang ak = 8,5 m

Panjang bj = 6,6 m

Panjang ci = 4,7 m

Panjang dh = 2,8 m

Panjang eg = 0,9 m

Panjang a'b' = b'c' = c'd' = d'e' = 1,875 m

Panjang e'f =  $\frac{1}{2} \times 2,309 = 0,937$  m

*commit to user*

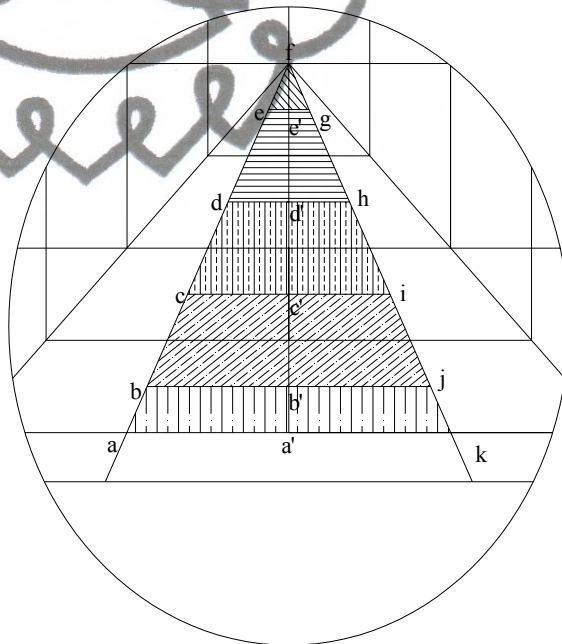
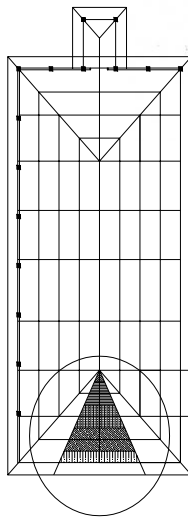




## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

- **Luas abjk**  $= \frac{1}{2} \times (ak + bj) \times a'b'$   
 $= \frac{1}{2} \times (8,5 + 6,6) \times 1,875$   
 $= 14,156 \text{ m}^2$
- **Luas bcij**  $= \frac{1}{2} \times (bj + ci) \times b'c'$   
 $= \frac{1}{2} \times (6,6 + 4,7) \times 1,875$   
 $= 10,594 \text{ m}^2$
- **Luas cdhi**  $= \frac{1}{2} \times (ci + dh) \times c'd'$   
 $= \frac{1}{2} \times (4,7 + 2,8) \times 1,875$   
 $= 7,031 \text{ m}^2$
- **Luas degf**  $= \frac{1}{2} \times (dh + eg) \times d'e'$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,8 + 0,9) \times 1,875$   
 $= 3,469 \text{ m}^2$
- **Luas efg**  $= \frac{1}{2} \times eg \times e'f$   
 $= \frac{1}{2} \times 0,9 \times 0,937$   
 $= 0,422 \text{ m}^2$



Gambar 3.12. Luasan Plafon

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Panjang ak = 7,5 m  
 Panjang bj = 6,6 m  
 Panjang ci = 4,7 m  
 Panjang dh = 2,8 m  
 Panjang eg = 0,9 m  
 Panjang a'b' = e'f = 0,9 m  
 Panjang b'c' = c'd' = d'e' = 1,8 m

• **Luas abjk** =  $\frac{1}{2} \times (ak + bj) \times a'b'$   
 =  $\frac{1}{2} \times (7,5 + 6,6) \times 0,9$   
 = 6,345 m<sup>2</sup>

• **Luas bcij** =  $\frac{1}{2} \times (bj + ci) \times b'c'$   
 =  $\frac{1}{2} \times (6,6 + 4,7) \times 1,8$   
 = 10,17 m<sup>2</sup>

• **Luas cdhi** =  $\frac{1}{2} \times (ci + dh) \times c'd'$   
 =  $\frac{1}{2} \times (4,7 + 2,8) \times 1,8$   
 = 6,75 m<sup>2</sup>

• **Luas degf** =  $\frac{1}{2} \times (dh + eg) \times d'e'$   
 =  $\frac{1}{2} \times (2,8 + 0,9) \times 1,8$   
 = 3,33 m<sup>2</sup>

• **Luas efg** =  $\frac{1}{2} \times eg \times e'f$   
 =  $\frac{1}{2} \times 0,9 \times 0,9$   
 = 0,405 m<sup>2</sup>

### 3.5.3. Perhitungan Pembebanan Setengah Kuda-kuda

Data-data pembebanan :

Berat gording	= 11	kg/m
Berat penutup atap	= 50	kg/m <sup>2</sup>
Berat profil kuda - kuda	= 25	kg/m

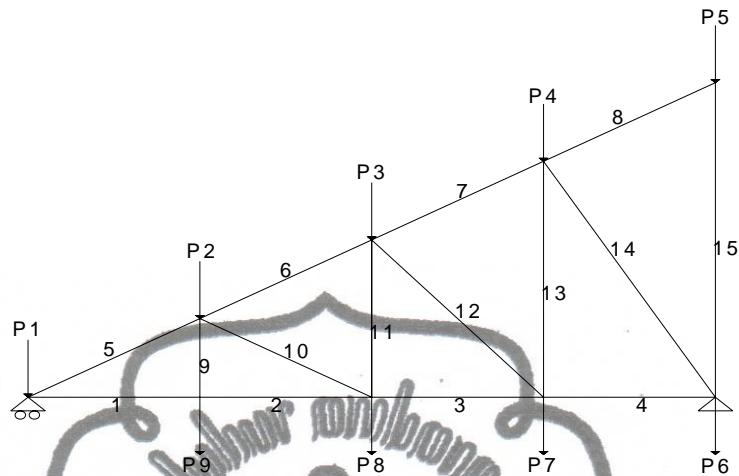
*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### a. Beban Mati



**Gambar 3.13.** Pembebanan Setengah Kuda-kuda akibat Beban Mati

#### 1. Beban P1

- Beban Gording = berat profil gording  $\times$  panjang gording  
 $= 29,4 \times 7,5 = 220,5 \text{ kg}$
- Beban Atap = luasan abjk  $\times$  berat atap  
 $= 14,156 \times 50 = 707,8 \text{ kg}$
- Beban Plafon = luasan abjk  $\times$  berat plafon  
 $= 14,156 \times 18 = 114,21 \text{ kg}$
- Beban Kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{btg} (1 + 5) \times \text{berat profil kuda-kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,165) \times 25$   
 $= 50,5 \text{ kg}$
- Beban Plat Sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 50,5 = 15,15 \text{ kg}$
- Beban Bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 50,5 = 5,05 \text{ kg}$

#### 2. Beban P2

- Beban Gording = berat profil gording  $\times$  panjang gording  
 $= 29,40 \times 5,625 = 165,375 \text{ kg}$
- Beban Atap = luasan bcij  $\times$  berat atap  
 $= 10,594 \times 50 = 529,7 \text{ kg}$
- Beban Kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{btg} (5 + 9 + 10 + 6) \times \text{berat profil kuda-kuda}$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$= \frac{1}{2} \times (2,165 + 1,083 + 2,165 + 2,165) \times 25$$

$$= 94,725 \text{ kg}$$

- d) Beban Plat Sambung = 30 % × beban kuda-kuda  
 $= 30 \% \times 94,725 = 28,418 \text{ kg}$
- e) Beban Bracing = 10% × beban kuda-kuda  
 $= 10 \% \times 94,725 = 9,472 \text{ kg}$

#### 3. Beban P3

- a) Beban Gording = berat profil gording × panjang gording  
 $= 29,4 \times 3,75 = 110,25 \text{ kg}$
- b) Beban Atap = luasan cdhi × berat atap  
 $= 7,031 \times 50 = 351,55 \text{ kg}$
- c) Beban Kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{btg} (6 + 11 + 13 + 7) \times \text{berat profil kuda-kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,165 + 2,165 + 2,864 + 2,165) \times 25$   
 $= 116,988 \text{ kg}$
- d) Beban Plat Sambung = 30 % × beban kuda-kuda  
 $= 30 \% \times 116,988 = 35,096 \text{ kg}$
- e) Beban Bracing = 10% × beban kuda-kuda  
 $= 10 \% \times 116,988 = 11,699 \text{ kg}$

#### 4. Beban P4

- a) Beban Gording = berat profil gording × panjang gording  
 $= 29,4 \times 1,875 = 110,25 \text{ kg}$
- b) Beban Atap = luasan deg h × berat atap  
 $= 3,469 \times 50 = 173,45 \text{ kg}$
- c) Beban Kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{btg} (7 + 13 + 14 + 8) \times \text{berat profil kuda-kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,165 + 3,248 + 3,750 + 2,165) \times 25$   
 $= 141,6 \text{ kg}$
- d) Beban Plat Sambung = 30 % × beban kuda-kuda  
 $= 30 \% \times 141,6 = 42,48 \text{ kg}$
- e) Beban Bracing = 10% × beban kuda-kuda  
 $= 10 \% \times 141,6 = 14,16 \text{ kg}$

#### 5. Beban P5

- a) Beban Atap = luasan efg × berat atap

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$= 0,422 \times 50 = 21,1 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban Kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{btg} (8 + 15) \times \text{berat profil kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (2,165 + 4,33) \times 25 \\ &= 81,187 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban Plat Sambung} &= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 30 \% \times 81,187 = 24,356 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban Bracing} &= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10 \% \times 81,187 = 8,119 \end{aligned}$$

#### 6. Beban P6

$$\begin{aligned} \text{a) Beban Plafon} &= \text{luasan efg} \times \text{berat plafon} \\ &= 0,422 \times 18 = 7,596 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban Kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{btg} (15 + 14 + 4) \times \text{berat profil kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (4,33 + 3,75 + 1,875) \times 25 \\ &= 124,437 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban Plat Sambung} &= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 30 \% \times 124,437 = 37,331 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban Bracing} &= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10 \% \times 124,437 = 12,444 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 7. Beban P7

$$\begin{aligned} \text{a) Beban Plafon} &= \text{luasan degh} \times \text{berat plafon} \\ &= 3,469 \times 18 = 62,442 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Beban Kuda-kuda} &= \frac{1}{2} \times \text{btg} (4 + 12 + 13 + 3) \times \text{berat profil kuda-kuda} \\ &= \frac{1}{2} \times (1,875 + 3,248 + 2,864 + 1,875) \times 25 \\ &= 123,275 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Beban Plat Sambung} &= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 30 \% \times 123,275 = 36,982 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) Beban Bracing} &= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda} \\ &= 10 \% \times 123,275 = 12,327 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 8. Beban P8

$$\begin{aligned} \text{a) Beban Plafon} &= \text{luasan cdhi} \times \text{berat plafon} \\ &= 7,031 \times 18 = 126,558 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{b) Beban Kuda-kuda} = \frac{1}{2} \times \text{btg} (2 + 3 + 10 + 11) \times \text{berat profil kuda-kuda}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$= \frac{1}{2} \times (2,165 + 2,165 + 1,875 + 1,875) \times 25$$

$$= 101,000 \text{ kg}$$

- c) Beban Plat Sambung = 30 % × beban kuda-kuda  
 $= 30 \% \times 101,000 = 30,300 \text{ kg}$
- d) Beban Bracing = 10% × beban kuda-kuda  
 $= 10 \% \times 101,000 = 10,100 \text{ kg}$

#### 9. Beban P9

- a) Beban Plafon = luasan bcij × berat plafon  
 $= 10,594 \times 18 = 190,692 \text{ kg}$
- b) Beban Kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{btg} (2 + 9 + 1) \times \text{berat profil kuda-kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 1,083 + 1,875) \times 25$   
 $= 60,412 \text{ kg}$
- c) Beban Plat Sambung = 30 % × beban kuda-kuda  
 $= 30 \% \times 60,412 = 18,124 \text{ kg}$
- d) Beban Bracing = 10% × beban kuda-kuda  
 $= 10 \% \times 60,412 = 6,041 \text{ kg}$

**Tabel 3.8.** Rekapitulasi Pembebanan Setengah Kuda-kuda

Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda-kuda (kg)	Beban Bracing (kg)	Beban Plat Penyambung (kg)	Beban Plafon (kg)	Jumlah Beban (kg)	Input SAP 2000 (kg)
P1	707,8	220,5	50,5	5,05	15,15	114,21	1113,21	1113
P2	529,7	165,375	94,725	9,472	28,418	-	828,19	828
P3	351,55	110,25	116,988	11,699	35,096	-	625,583	626
P4	173,45	55,125	141,6	14,16	42,48	-	427,315	427
P5	21,1	-	81,187	8,119	24,356	-	134,762	135
P6	-	-	124,437	12,444	37,331	7,596	181,808	182
P7	-	-	123,275	12,327	36,982	62,442	235,026	235
P8	-	-	101,00	10,10	30,30	126,558	267,958	268
P9	-	-	60,412	6,041	18,124	190,692	275,269	275

*commit to user*





## Tugas Akhir

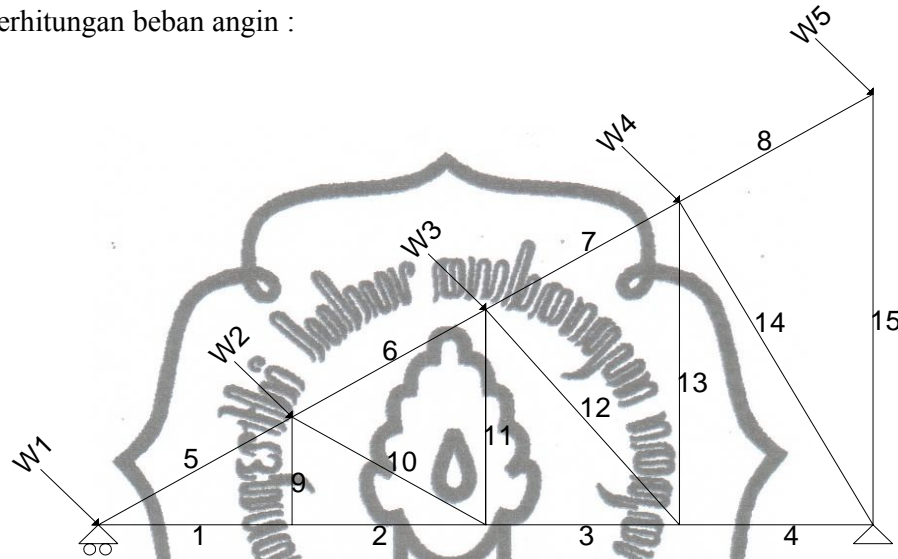
### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### b. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 = 100 \text{ kg}$

#### c. Beban Angin

Perhitungan beban angin :



**Gambar 3.14.** Pembebanan Setengah Kuda-kuda akibat Beban Angin

Beban angin kondisi normal, minimum =  $25 \text{ kg/m}^2$ .

- Koefisien angin tekan =  $0,02\alpha - 0,40$   
 $= (0,02 \times 30) - 0,40 = 0,2$ 
  - a)  $W1 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 14,156 \times 0,2 \times 25 = 70,78 \text{ kg}$
  - b)  $W2 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 10,594 \times 0,2 \times 25 = 52,97 \text{ kg}$
  - c)  $W3 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 7,031 \times 0,2 \times 25 = 35,155 \text{ kg}$
  - d)  $W4 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 3,469 \times 0,2 \times 25 = 17,345 \text{ kg}$
  - e)  $W5 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 0,422 \times 0,2 \times 25 = 2,11 \text{ kg}$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

**Tabel 3.9.** Perhitungan Beban Angin Setengah Kuda-kuda

Beban Angin	Beban (kg)	$W_x$ $W \cdot \cos \alpha$ (kg)	Untuk Input SAP2000	$W_y$ $W \cdot \sin \alpha$ (kg)	Untuk Input SAP2000
W1	70,780	61,297	61	35,390	35
W2	52,970	45,873	46	26,485	26
W3	35,155	30,445	30	17,577	18
W4	17,345	15,021	15	8,672	9
W5	2,110	1,827	2	1,055	1

Dari perhitungan mekanika dengan menggunakan program **SAP 2000** diperoleh gaya batang yang bekerja pada batang kuda-kuda utama sebagai berikut :

**Tabel 3.10.** Rekapitulasi Gaya Batang Setengah Kuda-kuda

Batang	Kombinasi	
	Tarik (+) ( kg )	Tekan (-) ( kg )
1	720,62	
2	704,90	
3		124,54
4	124,54	
5		900,10
6	727,17	
7		413,1
8	854,28	
9	378,41	
10		1508,78
11		1639,34
12	403,11	
13		129,19
14		824,54
15		50,39

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### 3.5.4. Perencanaan Profil Setengah Kuda-kuda

##### a. Perhitungan profil batang tarik

$$P_{maks.} = 854,28 \text{ kg}$$

$$L = 1,875 \text{ m}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

##### Kondisi leleh

$$P_{maks.} = \phi \cdot f_y \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_{maks.}}{\phi \cdot f_y} = \frac{854,28}{0,9 \cdot 2400} = 0,40 \text{ cm}^2$$

##### Kondisi fraktur

$$P_{maks.} = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$P_{maks.} = \phi \cdot f_u \cdot A_n \cdot U$$

(U = 0,75 didapat dari buku LRFD hal.39)

$$A_n = \frac{P_{maks.}}{\phi \cdot f_u \cdot U} = \frac{854,28}{0,75 \cdot 3700 \cdot 0,75} = 0,42 \text{ cm}^2$$

$$i_{min} = \frac{L}{240} = \frac{187,5}{240} = 0,78 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **L 45.45.5**

Dari tabel didapat  $A_g = 4,3 \text{ cm}^2$

$$i = 1,35 \text{ cm}$$

##### Berdasarkan $A_g$ kondisi leleh

$$A_g = 0,40/2 = 0,20 \text{ cm}^2$$

##### Berdasarkan $A_g$ kondisi fraktur

$$\text{Diameter baut} = 1/2 \cdot 2,54 = 12,7 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lubang} = 12,7 + 2 = 14,7 \text{ mm} = 1,47 \text{ cm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$A_g = A_n + n.d.t$$

$$= (0,42/2) + 1.1,47.0,5$$

$$= 0,945 \text{ cm}^2$$

$$A_g \text{ yang menentukan} = 0,891 \text{ cm}^2$$

Digunakan  $\perp 45.45.5$  maka, luas profil  $4,3 > 0,945$  ( aman )

inersia  $1,35 > 0,78$  ( aman )

#### b. Perhitungan profil batang tekan

$$P_{maks.} = 1639,34 \text{ kg}$$

$$L = 2,165 \text{ m}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil  $\perp 45.45.5$

Dari tabel didapat nilai – nilai :

$$A_g = 2.4,3 = 8,6 \text{ cm}^2$$

$$r = 1,35 \text{ cm} = 13,5 \text{ mm}$$

$$b = 45 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Periksa kelangsingan penampang :

$$\frac{b}{t} \leq \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{45}{5} \leq \frac{200}{\sqrt{240}} = 9 \leq 12,910$$

$$\lambda_c = \frac{kL}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}}$$

$$= \frac{1(2165)}{13,5} \sqrt{\frac{240}{3,14^2 \times 2 \times 10^5}}$$

$$= 1,76$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Karena  $\lambda_c > 1,2$  maka :

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2$$

$$\omega = 1,25 \cdot 1,76^2 = 3,872$$

$$P_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega} = 860 \frac{240}{3,872} = 53305,78 \text{ N} = 5330,58 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1639,34}{0,85 \cdot 5330,58} = 0,36 < 1 \dots\dots ( \text{aman} )$$

### 3.3.5. Perhitungan Alat Sambung

#### a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches )

Diameter lubang = 14,7 mm.

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d_b \\ &= 0,625 \cdot 12,7 = 7,94 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tahanan geser baut

$$\begin{aligned} P_n &= m \cdot (0,4 \cdot f^{ub}) \cdot A_n \\ &= 2 \cdot (0,4 \cdot 825) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 8356,43 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

➤ Tahanan tarik penyambung

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 \cdot f^{ub} \cdot A_n \\ &= 7833,9 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

➤ Tahanan Tumpu baut :

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 (2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t) \\ &= 0,75 (2,4 \cdot 370 \cdot 12,7 \cdot 9) \\ &= 7612,38 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{tumpu} = 7612,38 \text{ kg}$ .



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P_{geser}} = \frac{1639,34}{7612,38} = 0,22 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$a) 1,5d \leq S_1 \leq 3d$$

$$\text{Diambil, } S_1 = 2,5 d_b = 3 \cdot 12,7$$

$$= 3,175 \text{ mm}$$

$$= 30 \text{ mm}$$

$$b) 2,5 d \leq S_2 \leq 7d$$

$$\text{Diambil, } S_2 = 5 d_b = 1,5 \cdot 12,7$$

$$= 6,35 \text{ mm}$$

$$= 6 \text{ mm}$$

#### b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches )

Diameter lubang = 14,7 mm.

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d_b \\ &= 0,625 \times 12,7 = 7,94 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

#### ➤ Tahanan geser baut

$$\begin{aligned} P_n &= n \cdot (0,4 \cdot f^{ub}) \cdot A_n \\ &= 2 \cdot (0,4 \cdot 825) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 8356,43 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

#### ➤ Tahanan tarik penyambung

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 \cdot f^{ub} \cdot A_n \\ &= 7833,9 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

#### ➤ Tahanan Tumpu baut :

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 (2,4 \cdot f_u \cdot d_b t) \\ &= 0,75 (2,4 \cdot 370 \cdot 12,7 \cdot 9) \\ &= 7612,38 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{tumpu} = 7612,38 \text{ kg}$ .

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P_{geser}} = \frac{854,28}{7612,38} = 0,121 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut (SNI Pasal 13.14) :

3)  $3d \leq S_1 \leq 15 t_p$ , atau 200 mm

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_1 &= 3d = 3 \cdot 1,27 \\ &= 3,81 \text{ cm} \\ &= 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

4)  $1,5d \leq S_2 \leq (4t_p + 100\text{mm})$ , atau 200 mm

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_2 &= 1,5d = 1,5 \cdot 1,27 \\ &= 1,905 \text{ cm} = 2 \text{ cm} \end{aligned}$$

**Tabel 3.11. Rekapitulasi Perencanaan Profil Setengah Kuda-kuda**

Nomor Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
2	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
3	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
4	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
5	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
6	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
7	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
8	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
9	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
10	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
11	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
12	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
13	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
14	└ 45.45.5	2 Ø 12,7
15	└ 45.45.5	2 Ø 12,7

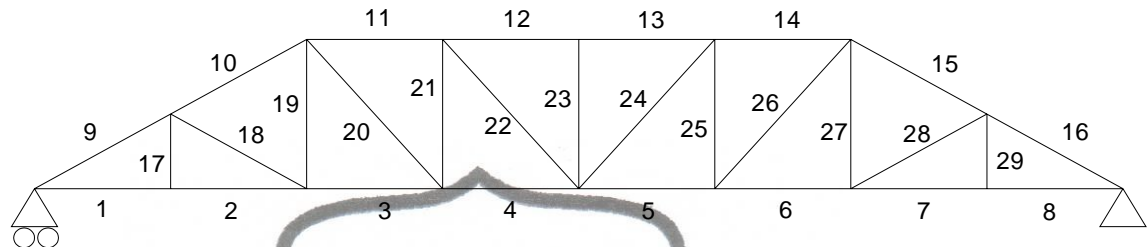
*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### 3.6. Perencanaan Kuda-kuda Trapesium



**Gambar 3.15.** Rangka Batang Kuda-kuda Trapesium

##### 3.6.1. Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda Trapesium

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

**Tabel 3.12.** Perhitungan Panjang Batang pada Kuda-kuda Trapesium

Nomer Batang	Panjang Batang (m)
1	1,875
2	1,875
3	1,875
4	1,875
5	1,875
6	1,875
7	1,875
8	1,875
9	2,165
10	2,165
11	1,875
12	1,875
13	1,875

*commit to user*





### *Tugas Akhir*

#### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

14	1,875
15	2,165
16	2,165
17	1,083
18	2,165
19	2,165
20	2,864
21	2,165
22	2,864
23	2,165
24	2,864
25	2,165
26	2,864
27	2,165
28	2,165
29	1,083

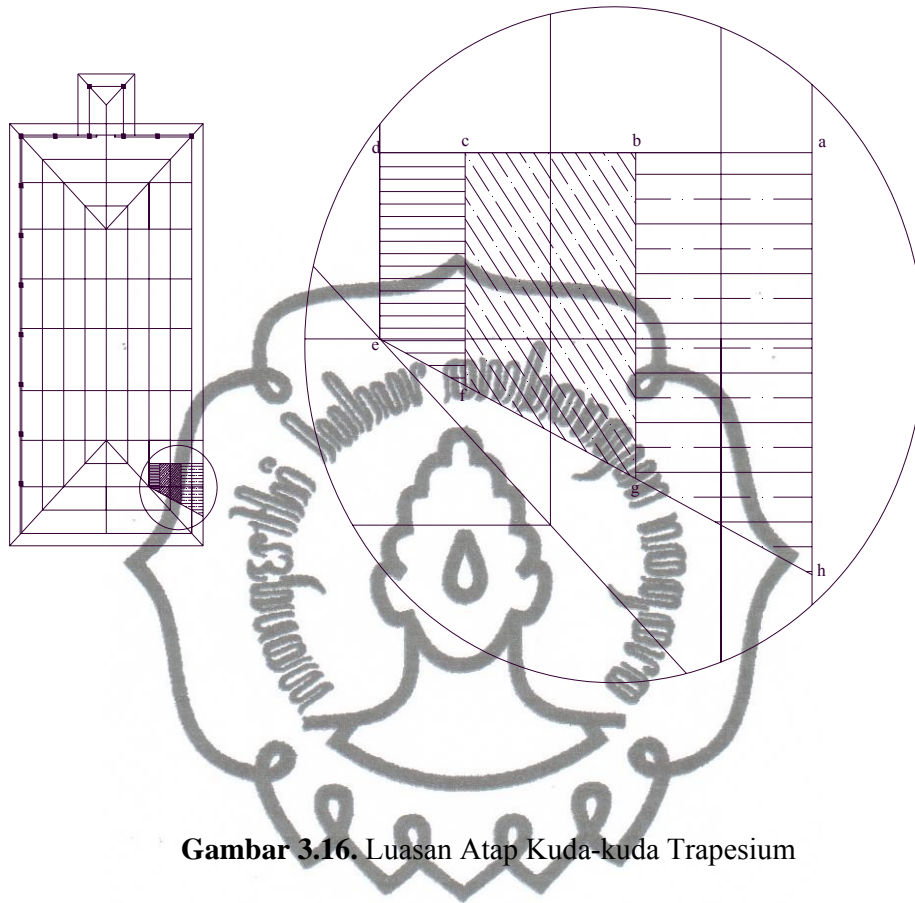
*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### 3.6.2. Perhitungan luasan kuda-kuda trapesium



**Gambar 3.16.** Luasan Atap Kuda-kuda Trapesium

Panjang ah = 4,245 m

Panjang bg = 3,276 m

Panjang cf = 2,336 m

Panjang de = 1,875 m

Panjang ab = 1,930 m

Panjang bc = 1,875 m

Panjang cd = 0,937 m

*commit to user*



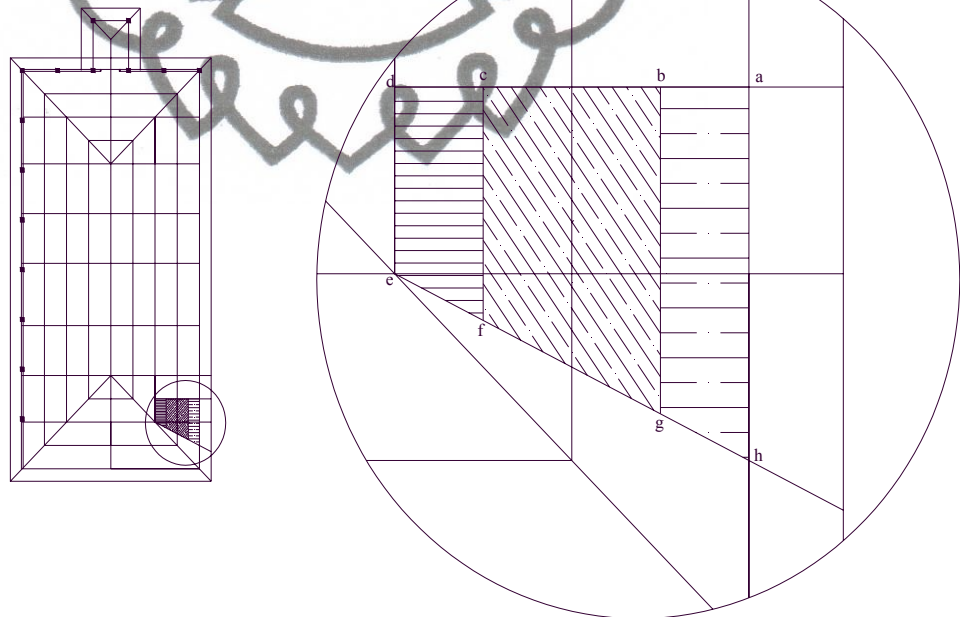
## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Luas abgh} &= \left( \frac{ah + bg}{2} \right) \times ab \\
 &= \left( \frac{4,245 + 3,276}{2} \right) \times 1,930 \\
 &= 7,258 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Luas bcfg} &= \left( \frac{bg + cf}{2} \right) \times bc \\
 &= \left( \frac{3,276 + 2,336}{2} \right) \times 1,875 \\
 &= 5,261 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Luas cdef} &= \left( \frac{cf + de}{2} \right) \times cd \\
 &= \left( \frac{2,336 + 1,875}{2} \right) \times 0,937 \\
 &= 1,973 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 3.17. Luasan Plafon Kuda-kuda Trapesium

$$\text{Panjang ah} = 3,750 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bg} = 3,276 \text{ m}$$

$$\text{Panjang cf} = 2,336 \text{ m}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\text{Panjang de} = 1,875 \text{ m}$$

$$\text{Panjang ab} = 0,9 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bc} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Panjang cd} = 0,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Luas abgh} &= \left( \frac{ah + bg}{2} \right) \times ab \\ &= \left( \frac{3,750 + 3,276}{2} \right) \times 0,9 \\ &= 3,162 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Luas bcfg} &= \left( \frac{bg + cf}{2} \right) \times bc \\ &= \left( \frac{3,276 + 2,336}{2} \right) \times 1,8 \\ &= 5,050 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Luas cdef} &= \left( \frac{cf + de}{2} \right) \times cd \\ &= \left( \frac{2,336 + 1,875}{2} \right) \times 0,9 \\ &= 1,895 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### 3.6.3. Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Trapesium

Data-data pembebanan :

$$\text{Berat gording} = 29,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat penutup atap} = 50 \text{ kg/m}^2$$

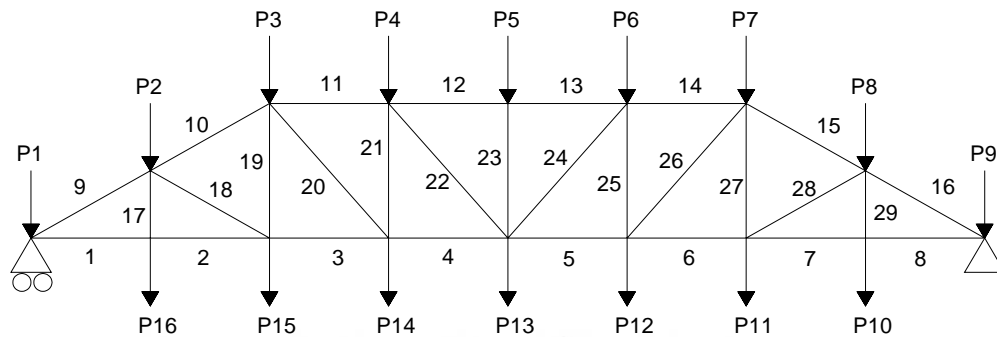
$$\text{Berat profil} = 25 \text{ kg/m}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai



**Gambar 3.18.** Pembebanan Kuda-kuda Trapesium akibat Beban Mati

#### a. Beban Mati

##### 1) Beban P1 = P9

- a) Beban gording = Berat profil gording  $\times$  Panjang Gording  
 $= 29,4 \times 3,75 = 110,25 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan  $\times$  Berat atap  
 $= 7,258 \times 50 = 362,9 \text{ kg}$
- c) Beban plafon = Luasan  $\times$  berat plafon  
 $= 3,291 \times 18 = 67,5 \text{ kg}$
- d) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (1 + 9) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,165) \times 25$   
 $= 50,5 \text{ kg}$
- e) Beban plat sambung = 30 %  $\times$  beban kuda-kuda  
 $= 30 \% \times 50,5 = 15,15 \text{ kg}$
- f) Beban bracing = 10 %  $\times$  beban kuda-kuda  
 $= 10 \% \times 50,5 = 5,05 \text{ kg}$

##### 2) Beban P2 = P8

- a) Beban gording = Berat profil gording  $\times$  Panjang Gording  
 $= 29,4 \times 2,820 = 82,908 \text{ kg}$
- b) Beban atap = Luasan  $\times$  Berat atap  
 $= 5,261 \times 50 = 263,05 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (9+17+18+10) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,165 + 1,083 + 2,165 + 2,165) \times 25$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$= 94,725 \text{ kg}$$

d) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 94,725 = 28,417 \text{ kg}$

e) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 94,725 = 9,472 \text{ kg}$

#### 3) Beban P3 = P7

a) Beban gording = Berat profil gording  $\times$  Panjang Gording  
 $= 29,4 \times 1,875 = 55,125 \text{ kg}$

b) Beban atap = Luasan  $\times$  Berat atap  
 $= 1,973 \times 50 = 98,65 \text{ kg}$

c) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (10+19+20+11) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,165 + 2,165 + 2,864 + 1,875) \times 25$   
 $= 113,362 \text{ kg}$

d) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 113,362 = 34,009 \text{ kg}$

e) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 113,362 = 11,336 \text{ k}$

f) Beban reaksi = reaksi jurai  
 $= 2788,31 \text{ kg}$

#### 4) Beban P4 = P6

a) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (11+21+22+12) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,165 + 2,864 + 1,875) \times 25$   
 $= 109,737 \text{ kg}$

b) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 109,737 = 32,921 \text{ kg}$

c) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 109,737 = 10,974 \text{ kg}$

#### 5) Beban P5

a) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (12 + 23 + 13) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,165 + 1,875) \times 25$   
 $= 73,937 \text{ kg}$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

- b) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 73,937$   
 $= 22,181 \text{ kg}$
- c) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 79,937 = 7,994 \text{ kg}$
- d) Beban reaksi = reaksi  $\frac{1}{2}$  kuda-kuda  
 $= 2758,34 \text{ kg}$
- 6) Beban P10 = P16
- a) Beban plafon = Luasan  $\times$  berat plafon  
 $= 5,050 \times 18 = 90,900 \text{ kg}$
- b) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg } (8 + 29 + 7) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 1,083 + 1,875) \times 25$   
 $= 60,412 \text{ kg}$
- c) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 60,412 = 18,124 \text{ kg}$
- d) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 60,412 = 6,041 \text{ kg}$
- 7) Beban P11 = P15
- a) Beban plafon = Luasan  $\times$  berat plafon  
 $= 1,895 \times 18 = 34,11 \text{ kg}$
- b) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg } (7+28+27+6) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,165 + 2,165 + 1,875) \times 25$   
 $= 101 \text{ kg}$
- c) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 101 = 30,3 \text{ kg}$
- d) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 101 = 10,1 \text{ kg}$
- a) Beban reaksi = reaksi jurai  
 $= 2788,31 \text{ kg}$
- 8) Beban P12 = P14
- a) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg } (6+26+25+5) \times \text{berat profil kuda kuda}$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,864 + 2,165 + 1,875) \times 25$$

$$= 109,737 \text{ kg}$$

- b) Beban plat sambung =  $30\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30\% \times 109,737 = 32,921 \text{ kg}$
- c) Beban bracing =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 109,737 = 10,974 \text{ kg}$

#### 9) Beban P13

- a) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (4+22+23+24+5) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,864 + 2,165 + 2,864 + 1,875) \times 25$   
 $= 145,537 \text{ kg}$
- b) Beban plat sambung =  $30\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30\% \times 145,537 = 43,661 \text{ kg}$
- c) Beban bracing =  $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10\% \times 145,537 = 14,554 \text{ kg}$
- d) Beban reaksi = reaksi  $\frac{1}{2}$  kuda-kuda  
 $= 2758,34 \text{ kg}$

**Tabel 3.13.** Rekapitulasi Pembebanan Kuda-kuda Trapesium

Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda - kuda (kg)	Beban Bracing (kg)	Beban Plat Penyambung (kg)	Beban Plafon (kg)	Beban Reaksi (kg)	Jumlah Beban (kg)	Input SAP (kg)
P1=P9	362,9	110,25	50,5	5,05	15,15	67,5	-	611,35	611
P2=P8	263,05	82,908	94,725	9,472	28,417	-	-	478,684	479
P3=P7	98,65	55,125	113,362	11,336	34,009	-	2788,31	3100,532	3101
P4=P6	-	-	109,737	10,974	39,921	-	-	160,632	161
P5	-	-	73,937	7,394	22,181	-	2758,34	2862,112	2862
P10=P16	-	-	60,412	6,041	18,124	90,9	-	175,477	176
P11=P15	-	-	101	10,1	30,3	34,11	2788,31	2964,13	2964
P12=P14	-	-	109,737	10,974	32,921	-	-	153,632	154
P13	-	-	145,537	14,554	43,661	-	3758,34	2962,462	2962

*commit to user*



## Tugas Akhir

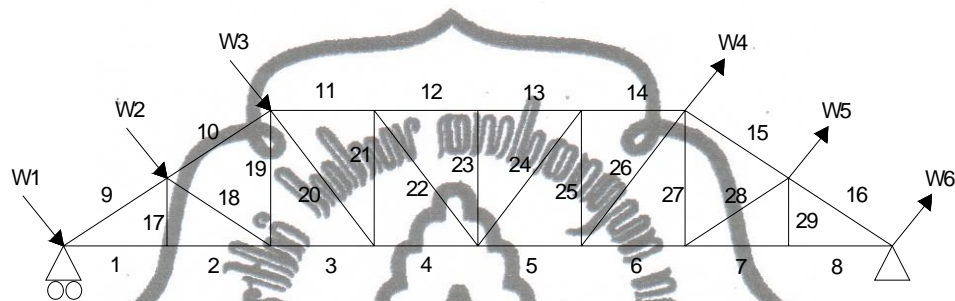
### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### b. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada P1, P2, P4, P5, P6, P8, P9 = 100 kg

#### c. Beban Angin

Perhitungan beban angin :



**Gambar 3.19.** Pembebanan Kuda-kuda Trapesium akibat Beban Angin

Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m<sup>2</sup>.

$$1) \text{ Koefisien angin tekan} = 0,02\alpha - 0,40$$

$$= (0,02 \times 35) - 0,40 = 0,2$$

$$\begin{aligned} \text{a) } W1 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 7,258 \times 0,2 \times 25 = 36,290 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } W2 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 5,261 \times 0,2 \times 25 = 26,305 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } W3 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 1,973 \times 0,2 \times 25 = 9,865 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$2) \text{ Koefisien angin hisap} = -0,40$$

$$\begin{aligned} \text{a) } W4 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 1,973 \times -0,4 \times 25 = -19,730 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } W5 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 5,261 \times -0,4 \times 25 = -52,610 \text{ kg} \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\begin{aligned} \text{c) } W_6 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 7,258 \times -0,4 \times 25 = -72,580 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Tabel 3.14.** Perhitungan Beban Angin Kuda-kuda Trapesium

Beban Angin	Beban (kg)	$W_x$ $W \cdot \cos \alpha$ (kg)	(Untuk Input SAP2000)	$W_y$ $W \cdot \sin \alpha$ (kg)	(Untuk Input SAP2000)
$W_1$	36,290	31,428	32	18,145	19
$W_2$	26,305	22,781	23	13,152	14
$W_3$	9,865	8,543	9	4,932	5
$W_4$	-19,730	-17,087	-18	-9,865	-10
$W_5$	-52,610	-45,561	-46	-26,305	-27
$W_6$	-72,580	-62,856	-63	-36,290	-37

Dari perhitungan mekanika dengan menggunakan program **SAP 2000** diperoleh gaya batang yang bekerja pada batang jurai sebagai berikut :

**Tabel 3.15.** Rekapitulasi Gaya Batang Kuda-kuda Trapesium

Batang	kombinasi	
	Tarik (+) (kg)	Tekan (-) (kg)
1	22050,75	
2	22129,03	
3	21522,59	
4	25309,97	
5	25285,47	
6	21473,57	
7	22026,13	
8	21947,05	
9		25555,65
10		24857,62
11		25307,21
12		28434,53
13		28434,39
14		25282,51
15		24825,79

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

16		25524,31
17		52,1410
18		724,22
19	4115,26	
20	5734,12	
21		4004,45
22	4717,85	
23		3579,32
24	4754,84	
25		4032,31
26	5771,14	
27	4083,72	
28		662,41
29	53,250	

#### 3.6.4. Perencanaan Profil Kuda-kuda Trapesium

##### a. Perhitungan Profil Batang Tarik

$$P_{\text{maks.}} = 25309,97 \text{ kg}$$

$$L = 1,875 \text{ m}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

##### Kondisi leleh

$$P_{\text{maks.}} = \phi \cdot f_y \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_{\text{maks.}}}{\phi \cdot f_y} = \frac{25309,97}{0,9 \cdot 2400} = 11,72 \text{ cm}^2$$

commit to user



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### Kondisi fraktur

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$

$$L = 4 \times 3d \\ = 4 \times 3.1,27 = 15,24 \text{ cm}$$

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{2,42}{15,24} = 0,84$$

$$P_{\text{maks.}} = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$P_{\text{maks.}} = \phi \cdot f_u \cdot A_n \cdot U$$

$$A_n = \frac{P_{\text{maks.}}}{\phi \cdot f_u \cdot U} = \frac{25309,97}{0,75 \cdot 3700 \cdot 0,84} = 11,15 \text{ cm}^2$$

$$i_{\text{min}} = \frac{L}{240} = \frac{187,5}{240} = 0,781 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **┐ 90.90.9**

Dari tabel didapat  $A_g = 15,5 \text{ cm}^2$

$$i = 2,54 \text{ cm}$$

#### Berdasarkan $A_g$ kondisi leleh

$$A_g = 29,29/2 = 14,645 \text{ cm}^2$$

#### Berdasarkan $A_g$ kondisi fraktur

$$\text{Diameter baut} = 1/2 \cdot 2,54 = 12,7 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lubang} = 12,7 + 2 = 14,7 \text{ mm} = 1,47 \text{ cm}$$

$$A_g = A_n + n \cdot d \cdot t$$

$$= (11,15/2) + 1 \cdot 1,47 \cdot 0,9$$

$$= 6,898 \text{ cm}^2$$

$$A_g \text{ yang menentukan} = 8,64 \text{ cm}^2$$

Digunakan **┐ 90.90.9** maka, luas profil  $15,50 > 6,898$  ( aman )

inersia  $2,54 > 0,781$  ( aman )

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### b. Perhitungan profil batang tekan

$$P_{maks.} = 28434,53 \text{ kg}$$

$$L = 2,165 \text{ m}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **L 90.90.9**

Dari tabel didapat nilai – nilai :

$$A_g = 2.15,5 = 31 \text{ cm}^2$$

$$r = 2,54 \text{ cm} = 25,4 \text{ mm}$$

$$b = 90 \text{ mm}$$

$$t = 9 \text{ mm}$$

Periksa kelangsingan penampang :

$$\frac{b}{t} \leq \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{90}{9} \leq \frac{200}{\sqrt{240}} = 10 \leq 12,910$$

$$\lambda_c = \frac{kL}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}}$$

$$= \frac{1(2165)}{25,4} \sqrt{\frac{240}{3,14^2 \times 2 \times 10^5}}$$

$$= 0,956$$

Karena  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,956} = 1,49$$

$$P_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega} = 3100 \frac{240}{1,49} = 499328,86 \text{ N} = 49932,89 \text{ kg}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{28434,53}{0,85 \times 49932,89} = 0,67 < 1 \dots\dots ( \text{aman} )$$

#### 3.6.5. Perhitungan Alat Sambung

##### a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches)

Diameter lubang = 14,7 mm.

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d_b \\ &= 0,625 \cdot 12,7 = 7,94 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

Tahanan geser baut

$$\begin{aligned} P_n &= m \cdot (0,4 \cdot f^{ub}) \cdot A_n \\ &= 2 \cdot (0,4 \cdot 825) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 8356,43 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

Tahanan tarik penyambung

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 \cdot f^{ub} \cdot A_n \\ &= 7833,9 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

Tahanan Tumpu baut :

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 (2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t) \\ &= 0,75 (2,4 \cdot 370 \cdot 12,7 \cdot 9) \\ &= 7612,38 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{\text{tumpu}} = 7612,38 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{28434,53}{7612,38} = 3,74 \sim 4 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 4 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$3d \leq S \leq 15t \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil, } S_1 = 4 d_b = 4 \cdot 12,7$$

$$= 50,8 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$1,5 d \leq S_2 \leq (4t + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil, } S_2 = 2 d_b = 2 \cdot 12,7$$

$$= 25,40 \text{ mm}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

#### b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur.

$$\text{Diameter baut } (\varnothing) = 12,7 \text{ mm } ( \frac{1}{2} \text{ inches } )$$

$$\text{Diameter lubang} = 14,7 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d_b \\ &= 0,625 \times 12,7 = 7,94 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

Tahanan geser baut

$$\begin{aligned} P_n &= n \cdot (0,4 \cdot f^{ub}) \cdot A_n \\ &= 2 \cdot (0,4 \cdot 825) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 8356,43 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

Tahanan tarik penyambung

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 \cdot f^{ub} \cdot A_n \\ &= 7833,9 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

Tahanan Tumpu baut :

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 (2,4 \cdot f_u \cdot d_b t) \\ &= 0,75 (2,4 \cdot 370 \cdot 12,7 \cdot 9) \\ &= 7612,38 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{\text{tumpu}} = 7612,38 \text{ kg}$ .

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{25309,97}{7612,38} = 3,32 \sim 4 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 4 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

$$1,5d \leq S_1 \leq 3d$$

$$\text{Diambil, } S_1 = 2,5 d_b = 2,5 \cdot 12,7$$

$$= 31,75 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$2,5 d \leq S_2 \leq 7d$$

$$\text{Diambil, } S_2 = 5 d_b = 1,5 \cdot 12,7$$

$$= 6,35 \text{ mm}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

**Tabel 3.16.** Rekapitulasi Perencanaan Profil Kuda-kuda Trapesium

Nomer Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
2	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
3	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
4	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
5	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
6	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
7	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
8	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
9	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
10	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
11	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
12	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
13	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
14	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
15	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
16	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
17	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
18	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
19	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
20	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
21	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
22	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
23	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7

*commit to user*



### *Tugas Akhir*

#### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

24	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
25	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
26	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
27	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
28	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7
29	┴ 90. 90. 9	4 Ø 12,7



*commit to user*

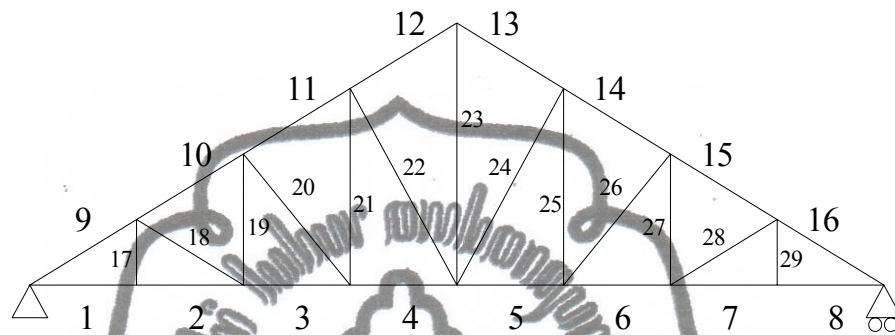


## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### 3.7. Perencanaan Kuda-kuda Utama

##### 3.7.1. Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda



**Gambar 3.20.** Rangka Batang Kuda-kuda Utama

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

**Tabel 3.17.** Perhitungan Panjang Batang pada Kuda-kuda Utama

No batang	Panjang batang
1	1,875
2	1,875
3	1,875
4	1,875
5	1,875
6	1,875
7	1,875
8	1,875
9	2,165
10	2,165
11	2,165
12	2,165
13	2,165
14	2,165

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

15	2,165
16	2,165
17	1,083
18	2,165
19	2,165
20	2,864
21	3,248
22	3,750
23	4,330
24	3,750
25	3,248
26	2,864
27	2,165
28	2,165
29	1,083

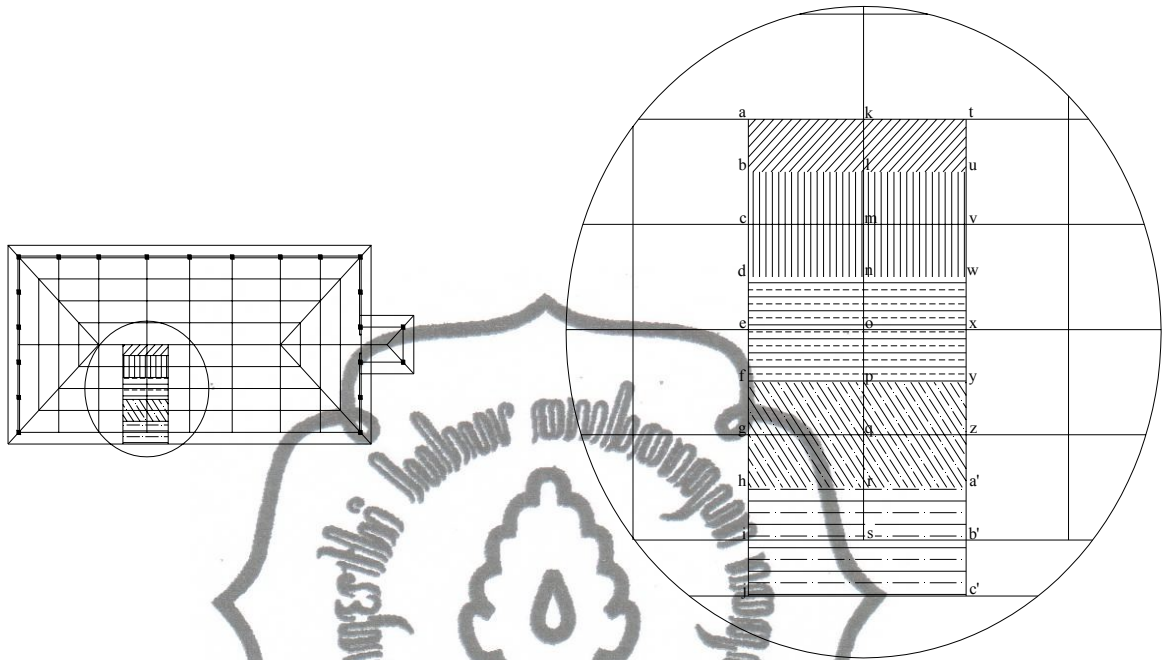
*commit to user*



## Tugas Akhir

## Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

### 3.7.2. Perhitungan Luasan Kuda-Kuda Utama



**Gambar 3.21.** Luasan Atap Kuda-kuda Utama

Panjang ks =  $4 \times 2,165 = 8,66$  m  
 Panjang hi = 1,083 m  
 Panjang ij = 1,55 m  
 Panjang aj = ks + ij  
 =  $8,66 + 1,55 = 10,21$  m

Panjang ac = 2,165 m  
 Panjang ak = 2,25 m  
 Panjang kt = 2 m  
 Panjang at = 4,25 m  
 Panjang hj = hi + ij  
 = 1,083 + 1,55 = 2,633 m

- **Luas aktulb** =  $a_t \times a_b$   
 =  $4,25 \times 1,083 = 4,603 \text{ m}^2$   
*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

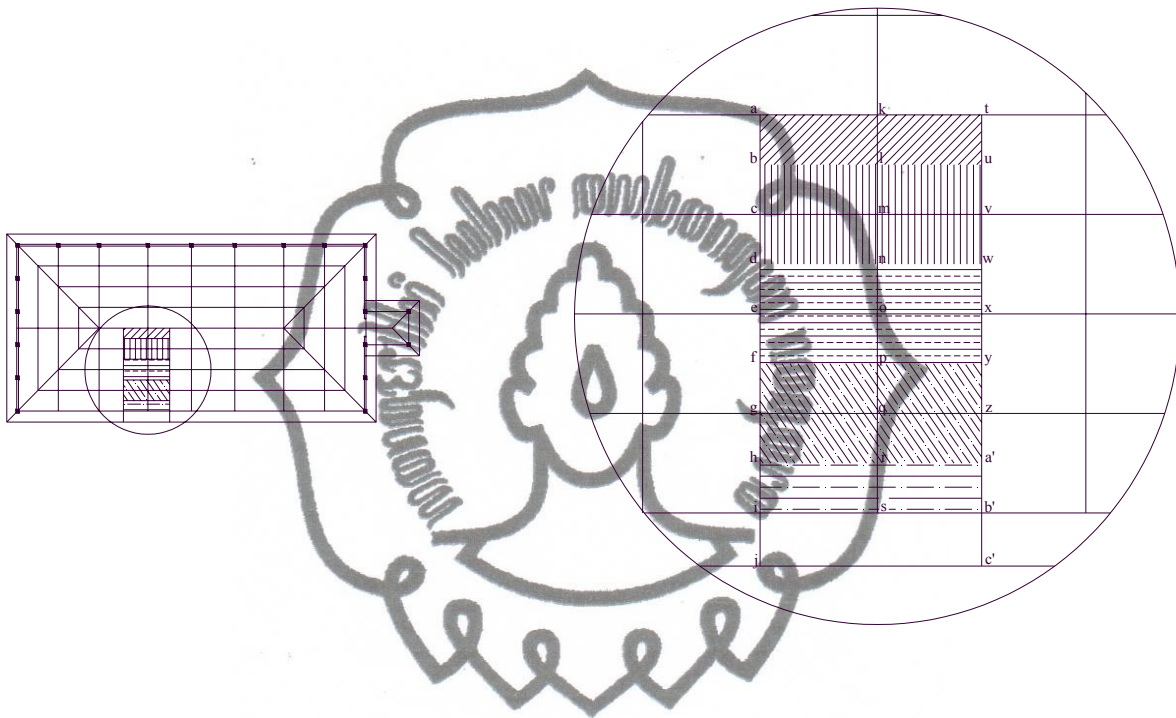
• **Luas bluwnd = Luas dnwypf = Luas fpya'rh**

$$= at \times ac$$

$$= 4,25 \times 2,165 = 9,201 \text{ m}^2$$

• **.Luas hra'c'j = at x hj**

$$= 4,25 \times 2,633 = 11,178 \text{ m}^2$$



**Gambar 3.22.** Luasan Plafon Kuda-kuda Utama

Panjang ks =  $4 \times 1,875 = 7,5 \text{ m}$

Panjang hi =  $0,9325 \text{ m}$

Panjang ij =  $1 \text{ m}$

Panjang aj =  $ks + ij$   
 $= 7,5 + 1 = 8,5 \text{ m}$

Panjang ac =  $1,875 \text{ m}$

Panjang ak =  $2,25 \text{ m}$

Panjang kt =  $2 \text{ m}$

Panjang at =  $4,25 \text{ m}$

*commit to user*





## Tugas Akhir

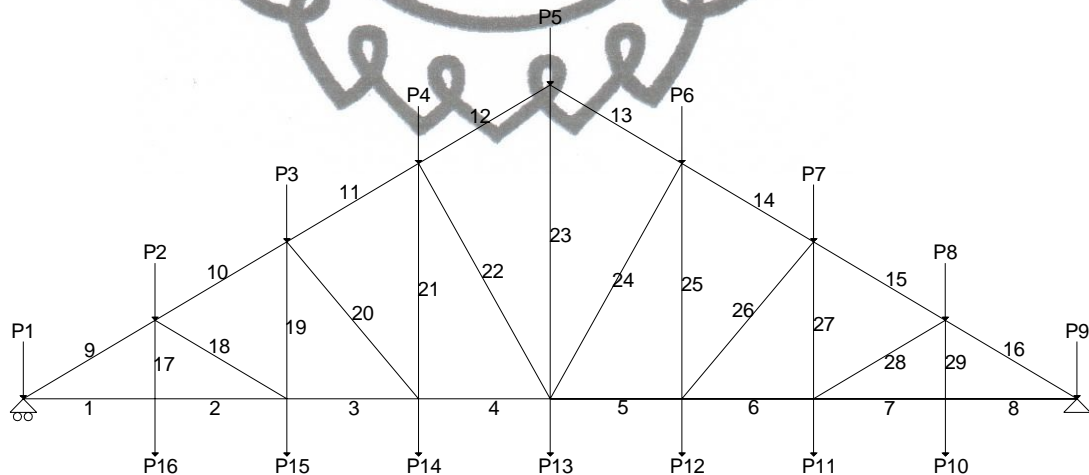
### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

- **Luas aktulb** =  $a_t \times a_b$   
 $= 4,25 \times 0,9325 = 3,963 \text{ m}^2$
- **Luas bluwnd** = **Luas dnwypf** = **Luas fpya'rh**  
 $= a_t \times a_c$   
 $= 4,25 \times 1,875 = 7,969 \text{ m}^2$
- **Luas hra'c'j** =  $a_t \times h_j$   
 $= 4,25 \times 1,9325 = 8,213 \text{ m}^2$

#### 3.7.3. Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Utama

Data-data pembebanan :

Berat gording	= 29,4 kg/m
Jarak antar kuda-kuda utama	= 4,50 m
Berat penutup atap	= 50 kg/m <sup>2</sup>
Berat profil	= 25 kg/m
Berat plafon	= 18 kg/m <sup>2</sup>



**Gambar 3.23.** Pembebanan Kuda-kuda Utama akibat Beban Mati

#### a. Beban Mati

1) Beban  $P_1 = P_9$

$$\begin{aligned} \text{a) Beban gording} &= \text{Berat profil gording} \times \text{Panjang Gording} \\ &= 29,4 \times 4,5 = 132,30 \text{ kg} \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

- b) Beban atap  $= \text{Luasan} \times \text{Berat atap}$   
 $= 11,178 \times 50 = 558,9 \text{ kg}$
- c) Beban plafon  $= \text{Luasan} \times \text{berat plafon}$   
 $= 8,213 \times 18 = 147,834 \text{ kg}$
- d) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (1 + 9) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,165) \times 25 = 50,5 \text{ kg}$
- e) Beban plat sambung  $= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 50,5 = 15,15 \text{ kg}$
- f) Beban bracing  $= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 50,5 = 5,05 \text{ kg}$
- 2) Beban P2 = P8
- a) Beban gording  $= \text{Berat profil gording} \times \text{Panjang Gording}$   
 $= 29,4 \times 4,5 = 132,30 \text{ kg}$
- b) Beban atap  $= \text{Luasan} \times \text{Berat atap}$   
 $= 9,201 \times 50 = 460,05 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (9+17+18+10) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,165 + 1,083 + 2,165 + 2,165) \times 25$   
 $= 94,725 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung  $= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 94,725 = 28,41 \text{ kg}$
- e) Beban bracing  $= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 94,725 = 9,47 \text{ kg}$
- 3) Beban P3 = P7
- a) Beban gording  $= \text{Berat profil gording} \times \text{Panjang Gording}$   
 $= 29,4 \times 4,5 = 132,30 \text{ kg}$
- b) Beban atap  $= \text{Luasan} \times \text{Berat atap}$   
 $= 9,201 \times 50 = 460,05 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (10+19+20+11) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,165 + 2,165 + 2,864 + 2,165) \times 25$   
 $= 116,99 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung  $= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$= 30 \% \times 116,99 = 35,07 \text{ kg}$$

e) Beban bracing  $= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 116,99 = 11,69 \text{ kg}$

#### 4) Beban P4 = P6

a) Beban gording  $= \text{Berat profil gording} \times \text{Panjang Gording}$   
 $= 29,4 \times 4,5 = 132,30 \text{ kg}$

b) Beban atap  $= \text{Luasan} \times \text{Berat atap}$   
 $= 9,201 \times 50 = 460,05 \text{ kg}$

c) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (11+21+22+12) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,165 + 3,248 + 3,75 + 2,165) \times 25$   
 $= 141,6 \text{ kg}$

d) Beban plat sambung  $= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 141,6 = 42,48 \text{ kg}$

e) Beban bracing  $= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 141,6 = 14,16 \text{ kg}$

#### 5) Beban P5

a) Beban gording  $= \text{Berat profil gording} \times \text{Panjang Gording}$   
 $= 29,4 \times 4,5 = 132,30 \text{ kg}$

b) Beban atap  $= \text{Luasan} \times \text{Berat atap}$   
 $= 4,603 \times 50 = 230,15 \text{ kg}$

c) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (12 + 23 + 13) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (2,165 + 4,33 + 2,165) \times 25 = 108,25 \text{ kg}$

d) Beban plat sambung  $= 30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 108,25 = 32,47 \text{ kg}$

e) Beban bracing  $= 10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 108,25 = 10,825 \text{ kg}$

#### 6) Beban P10 = P16

a) Beban plafon  $= \text{Luasan} \times \text{berat plafon}$   
 $= 8,213 \times 18 = 147,834 \text{ kg}$

b) Beban kuda-kuda  $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (8 + 29 + 7) \times \text{berat profil kuda kuda}$   
 $= \frac{1}{2} \times (1,875 + 1,083 + 1,875) \times 25$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$= 60,41 \text{ kg}$$

c) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$

$$= 30 \% \times 60,41 = 18,12 \text{ kg}$$

d) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$

$$= 10 \% \times 60,41 = 6,04 \text{ kg}$$

#### 7) Beban P11 = P15

a) Beban plafon = Luasan  $\times$  berat plafon

$$= 7,756 \times 18 = 139,608 \text{ kg}$$

b) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg } (7+28+27+6) \times \text{berat profil kuda kuda}$

$$= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,165 + 2,165 + 1,875) \times 55$$

$$= 101 \text{ kg}$$

c) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$

$$= 30 \% \times 101 = 30,3 \text{ kg}$$

d) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$

$$= 10 \% \times 101 = 10,1 \text{ kg}$$

#### 8) Beban P12 = P14

a) Beban plafon = Luasan  $\times$  berat plafon

$$= 7,756 \times 18 = 139,608 \text{ kg}$$

b) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg } (6+26+25+5) \times \text{berat profil kuda kuda}$

$$= \frac{1}{2} \times (1,875 + 2,864 + 3,248 + 1,875) \times 25$$

$$= 123,275 \text{ kg}$$

c) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$

$$= 30 \% \times 123,275 = 36,99 \text{ kg}$$

d) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$

$$= 10 \% \times 123,275 = 12,33 \text{ kg}$$

#### 9) Beban P13

a) Beban plafon = Luasan  $\times$  berat plafon

$$= 7,756 \times 18 = 139,608 \text{ kg}$$

b) Beban kuda-kuda =  $\frac{1}{2} \times \text{Btg } (4+22+23+24+5) \times \text{berat profil kuda-kuda}$

$$= \frac{1}{2} \times (1,875 + 3,75 + 3,75 + 4,33 + 1,875) \times 25$$

$$= 194,75 \text{ kg}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

- c) Beban plat sambung =  $30 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 30 \% \times 194,75 = 58,425 \text{ kg}$
- d) Beban bracing =  $10 \% \times \text{beban kuda-kuda}$   
 $= 10 \% \times 194,75 = 19,475 \text{ kg}$

**Tabel 3.18.** Rekapitulasi Beban Mati Kuda-kuda Utama

Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda - kuda (kg)	Beban Bracing (kg)	Beban Plat Penyambung (kg)	Beban Plafon (kg)	Beban Reaksi (kg)	Jumlah Beban (kg)	Input SAP (kg)
P1=P9	558,9	132,30	50,5	5,05	15,15	147,834	-	826,934	910
P2=P8	460,05	132,30	94,725	9,47	28,41	-	-	642,155	725
P3=P7	460,05	132,30	116,99	11,69	35,07	-	-	673,3	756
P4=P6	460,05	132,30	141,6	14,16	42,48	-	-	707,78	793
P5	129,95	132,30	108,25	10,82	32,47	-	-	330,99	414
P10=P16	-	-	60,41	6,04	18,13	147,834	-	232,414	196
P11=P15	-	-	101	10,1	30,3	139,608	-	280,808	281
P12=P14	-	-	123,25	12,33	36,99	139,608	-	312,148	312
P13	-	-	194,76	19,47	58,42	139,608	-	412,258	412

#### b. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada P1, P2, P3, P4, P6, P7, P8, P9 = 100 kg

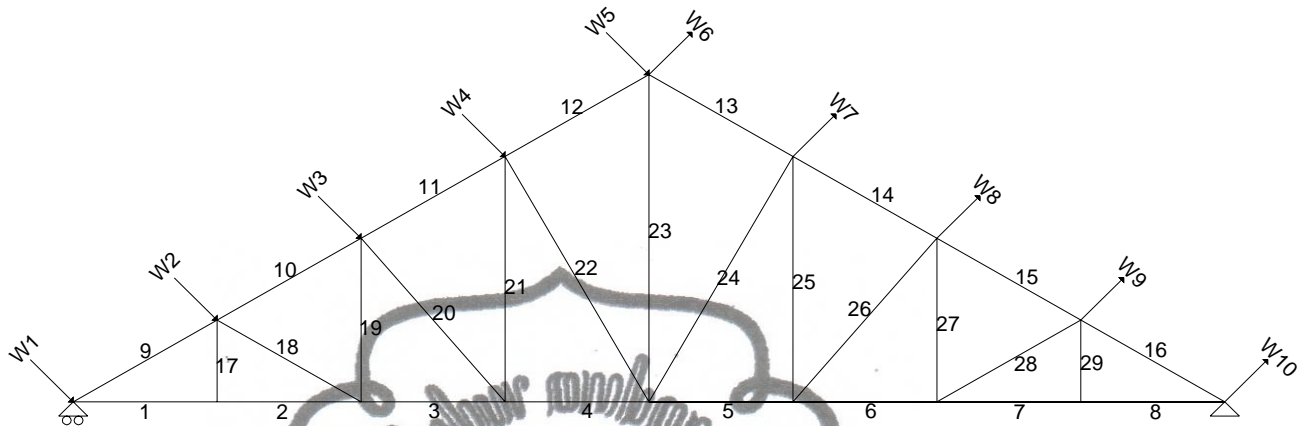


## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### c. Beban Angin

Perhitungan beban angin :



**Gambar 3.24.** Pembebanan Kuda-kuda Utama akibat Beban Angin

Beban angin kondisi normal, minimum =  $25 \text{ kg/m}^2$ .

$$\begin{aligned} \text{Koefisien angin tekan} &= 0,02\alpha - 0,40 \\ &= (0,02 \times 30) - 0,40 = 0,2 \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} W1 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 11,178 \times 0,2 \times 25 = 55,89 \text{ kg} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} W2 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 9,201 \times 0,2 \times 25 = 46,005 \text{ kg} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} W3 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 9,201 \times 0,2 \times 25 = 46,005 \text{ kg} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} W4 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 9,201 \times 0,2 \times 25 = 46,005 \text{ kg} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} W5 &= \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \\ &= 4,603 \times 0,2 \times 25 = 23,015 \text{ kg} \end{aligned}$$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolahn 2 Lantai

- 1) Koefisien angin hisap = - 0,40
- $W_6 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 4,603 \times -0,4 \times 25 = -46,03 \text{ kg}$
  - $W_7 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 9,201 \times -0,4 \times 25 = -92,01 \text{ kg}$
  - $W_8 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 9,201 \times -0,4 \times 25 = -92,01 \text{ kg}$
  - $W_9 = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 9,201 \times -0,4 \times 25 = -92,01 \text{ kg}$
  - $W_{10} = \text{luasan} \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin}$   
 $= 11,178 \times -0,4 \times 25 = -111,78 \text{ kg}$

**Tabel 3.19.** Perhitungan Beban Angin Kuda-kuda Utama

Beban Angin	Beban (kg)	Wx W.Cos α (kg)	(Untuk Input SAP2000)	Wy W.Sin α (kg)	(Untuk Input SAP2000)
W <sub>1</sub>	55,89	48,40	48	27,945	28
W <sub>2</sub>	46,005	39,84	30	23,005	23
W <sub>3</sub>	46,005	39,84	30	23,005	23
W <sub>4</sub>	46,005	39,84	30	23,005	23
W <sub>5</sub>	23,015	19,93	20	11,51	12
W <sub>6</sub>	-46,03	-39,86	-40	23,02	-23
W <sub>7</sub>	-92,01	-79,68	-80	-46,005	-46
W <sub>8</sub>	-92,01	-79,68	-80	-46,005	-46
W <sub>9</sub>	-92,01	-79,68	-80	-46,005	-46
W <sub>10</sub>	-111,78	-96,80	-97	-55,89	-56

Dari perhitungan mekanika dengan menggunakan program **SAP 2000** diperoleh gaya batang yang bekerja pada batang kuda-kuda utama sebagai berikut :

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

**Tabel 3.20.** Rekapitulasi Gaya Batang Kuda-kuda Utama

Batang	Kombinasi	
	Tarik (+) kg	Tekan(+) kg
1	4362,52	
2	4380,84	
3	3835,93	
4	3144,66	
5	3078,49	
6	452,30	
7	4179,85	
8	4159,56	
9		6746,47
10		5933,33
11		4977,85
12		3808,22
13		3858,65
14		5062,40
15		6045,95
16		6887,46
17	126,52	
18		795,75
19	1014,78	
20		1630,53
21	1844,35	
22		2164,55
23	4839,19	
24		1932,48
25	11703,84	
26		1467,11
27	939,90	
28		695,92
29	127,02	

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

#### 3.7.4. Perencanaan Profil Kuda-kuda

##### a. Perhitungan Profil Batang Tarik

$$P_{maks.} = 4839,19 \text{ kg}$$

$$L = 1,875 \text{ m}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

##### Kondisi leleh

$$P_{maks.} = \phi \cdot f_y \cdot A_g$$

$$A_g = \frac{P_{maks.}}{\phi \cdot f_y} = \frac{4839,19}{0,9 \cdot 2400} = 2,24 \text{ cm}^2$$

##### Kondisi fraktur

$$P_{maks.} = \phi \cdot f_u \cdot A_e$$

$$P_{maks.} = \phi \cdot f_u \cdot A_n \cdot U$$

(U = 0,75 didapat dari buku LRFD hal.39)

$$A_n = \frac{P_{maks.}}{\phi \cdot f_u \cdot U} = \frac{4839,19}{0,75 \cdot 3700 \cdot 0,75} = 2,39 \text{ cm}^2$$

$$i_{min} = \frac{L}{240} = \frac{187,5}{240} = 0,781 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **1 70.70.7**

Dari tabel didapat  $A_g = 9,4 \text{ cm}^2$

$$i = 2,12 \text{ cm}$$

##### Berdasarkan $A_g$ kondisi leleh

$$A_g = 4,98 / 2 = 2,49 \text{ cm}^2$$

##### Berdasarkan $A_g$ kondisi fraktur

$$\text{Diameter baut} = 1/2 \cdot 2,54 = 12,7 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lubang} = 12,7 + 2 = 14,7 \text{ mm} = 1,47 \text{ cm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$A_g = A_n + n.d.t$$

$$= (2,39/2) + 1.1,47.0,7$$

$$= 2,24 \text{ cm}^2$$

$$A_g \text{ yang menentukan} = 2,53 \text{ cm}^2$$

Digunakan **┘ 70.70.7** maka, luas profil  $9,4 > 2,24$  ( aman )

inersia  $2,12 > 0,781$  ( aman )

#### b. Perhitungan profil batang tekan

$$P_{maks.} = 6887,46 \text{ kg}$$

$$L = 2,165 \text{ m}$$

$$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil **┘ 70.70.7**

Dari tabel didapat nilai – nilai :

$$A_g = 2.9,4 = 18,8 \text{ cm}^2$$

$$r = 2,12 \text{ cm} = 21,2 \text{ mm}$$

$$b = 70 \text{ mm}$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

Periksa kelangsingan penampang :

$$\frac{b}{t} \leq \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{70}{7} \leq \frac{200}{\sqrt{240}} = 10 \leq 12,910$$

$$\lambda_c = \frac{kL}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}}$$

$$= \frac{1(2165)}{21,2} \sqrt{\frac{240}{3,14^2 \times 2 \times 10^5}}$$

$$= 1,13$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Karena  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,13} = 1,69$$

$$P_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 1880 \cdot \frac{240}{1,69} = 266982,25 \text{ N} = 26698,23 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{6887,46}{0,85 \cdot 26698,23} = 0,30 < 1 \text{ ..... (aman)}$$

### 3.7.5. Perhitungan Alat Sambung

#### a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches)

Diameter lubang = 14,7 mm.

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d_b \\ &= 0,625 \cdot 12,7 = 7,94 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

Tahanan geser baut

$$\begin{aligned} P_n &= m \cdot (0,4 \cdot f^{ub}) \cdot A_n \\ &= 2 \cdot (0,4 \cdot 825) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 8356,43 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

Tahanan tarik penyambung

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 \cdot f^{ub} \cdot A_n \\ &= 7833,9 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

Tahanan Tumpu baut :

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 (2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t) \\ &= 0,75 (2,4 \cdot 370 \cdot 12,7 \cdot 9) \\ &= 7612,38 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{tumpu} = 7612,38 \text{ kg}$ .

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P_{geser}} = \frac{6887,46}{7612,38} = 0,9 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a.  $1,5d \leq S_1 \leq 3d$

Diambil,  $S_1 = 2,5 d_b = 3 \cdot 12,7$

$$= 3,175 \text{ mm}$$

$$= 30 \text{ mm}$$

b.  $2,5 d \leq S_2 \leq 7d$

Diambil,  $S_2 = 5 d_b = 1,5 \cdot 12,7$

$$= 6,35 \text{ mm}$$

$$= 6 \text{ mm}$$

#### b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut ( $\varnothing$ ) = 12,7 mm (  $\frac{1}{2}$  inches )

Diameter lubang = 13,7 mm.

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat sambung } (\delta) &= 0,625 \cdot d_b \\ &= 0,625 \times 12,7 = 7,94 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Menggunakan tebal plat 8 mm

Tahanan geser baut

$$\begin{aligned} P_n &= n \cdot (0,4 \cdot f^{ub}) \cdot A_n \\ &= 2 \cdot (0,4 \cdot 825) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12,7^2 = 8356,43 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

Tahanan tarik penyambung

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 \cdot f^{ub} \cdot A_n \\ &= 7833,9 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

Tahanan Tumpu baut :

$$\begin{aligned} P_n &= 0,75 (2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t) \\ &= 0,75 (2,4 \cdot 370 \cdot 12,7 \cdot 9) \\ &= 7612,38 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah  $P_{tumpu} = 7612,38 \text{ kg}$ .

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P_{geser}} = \frac{4839,19}{7612,38} = 0,58 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut (SNI Pasal 13.14) :

1)  $3d \leq S_1 \leq 15 t_p$ , atau 200 mm

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_1 &= 3d = 3 \cdot 1,27 \\ &= 3,81 \text{ cm} \\ &= 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

2)  $1,5d \leq S_2 \leq (4t_p + 100\text{mm})$ , atau 200 mm

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_2 &= 1,5d = 1,5 \cdot 1,27 \\ &= 1,905 \text{ cm} \\ &= 2 \text{ cm} \end{aligned}$$

**Tabel 3.21. Rekapitulasi Perencanaan Profil Kuda-kuda**

Nomor Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
2	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
3	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
4	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
5	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
6	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
7	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
8	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
9	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
10	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
11	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
12	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
13	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
14	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
15	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
16	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
17	┐┐ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7

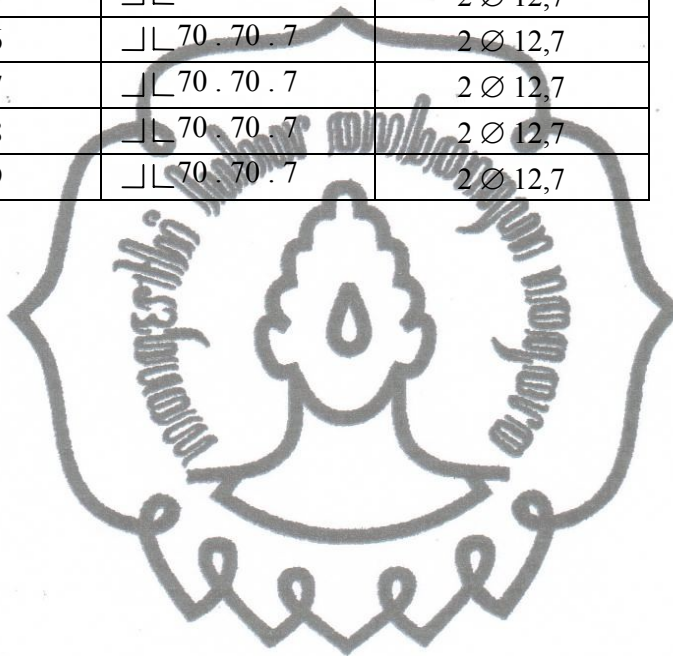
*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

18	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
19	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
20	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
21	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
22	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
23	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
24	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
25	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
26	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
27	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
28	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7
29	┘┘ 70 . 70 . 7	2 Ø 12,7



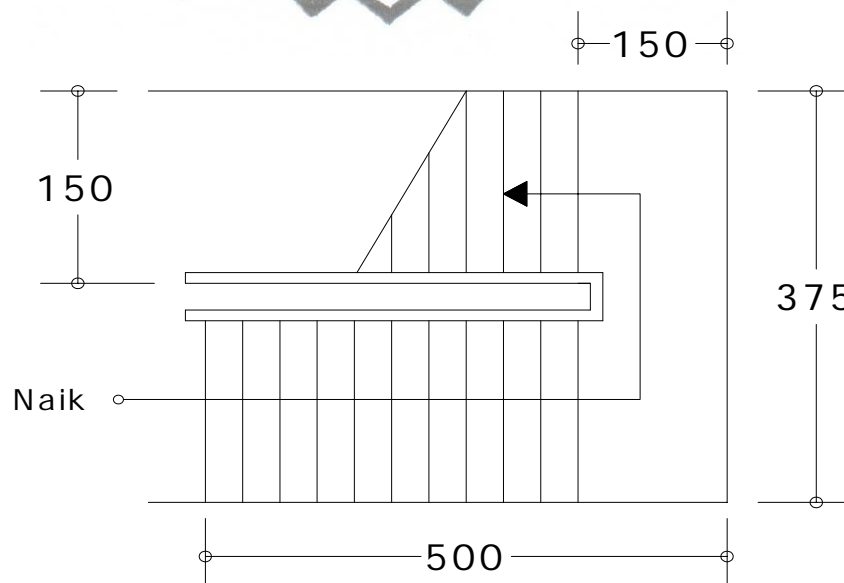
*commit to user*



**BAB 4****PERENCANAAN TANGGA****4.1. Uraian Umum**

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat yang sangat penting untuk penunjang antara struktur bangunan dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Penempatan tangga pada struktur suatu bangunan sangat berhubungan dengan fungsi bangunan bertingkat yang akan dioperasikan .

Pada bangunan umum, penempatan haruslah mudah diketahui dan terletak strategis untuk menjangkau ruang satu dengan yang lainnya, penempatan tangga harus disesuaikan dengan fungsi bangunan untuk mendukung kelancaran hubungan yang serasi antara pemakai bangunan tersebut.

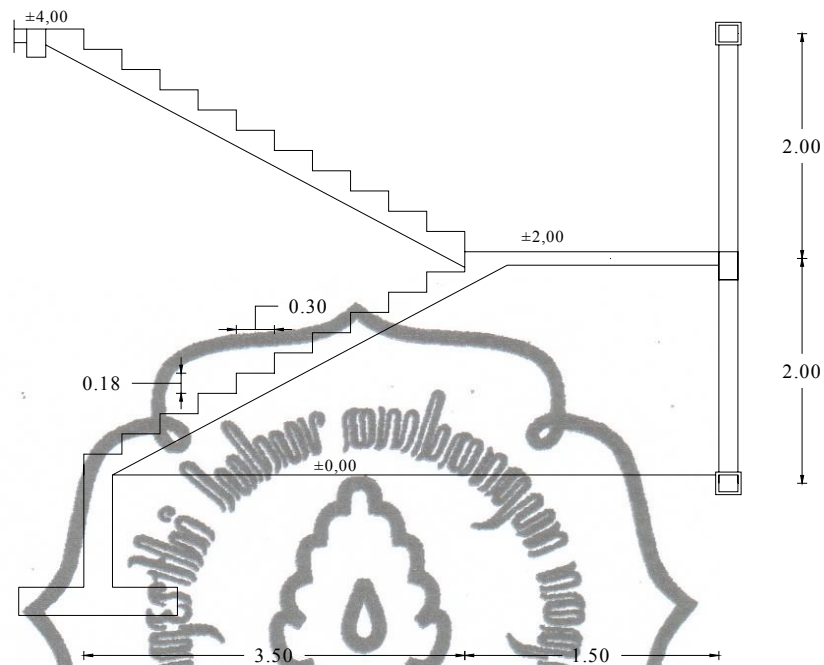
**4.2. Data Perencanaan Tangga****Gambar 4.1.** Perencanaan tangga*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

91



**Gambar 4.2.** Detail tangga

Data – data tangga :

Tebal plat tangga	= 12 cm
Tebal bordes tangga	= 15 cm
Lebar datar	= 500 cm
Lebar tangga rencana	= 150 cm
Dimensi bordes	= 150 × 375 cm

Menentukan lebar antread dan tinggi optred

lebar antrade	= 30 cm
Jumlah antrede	= $350/30 = 11$ buah
Jumlah optrade	= $11 + 1 = 12$ buah
Tinggi optrede	= $200 / 12 = 16$ cm

Menentukan kemiringan tangga

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

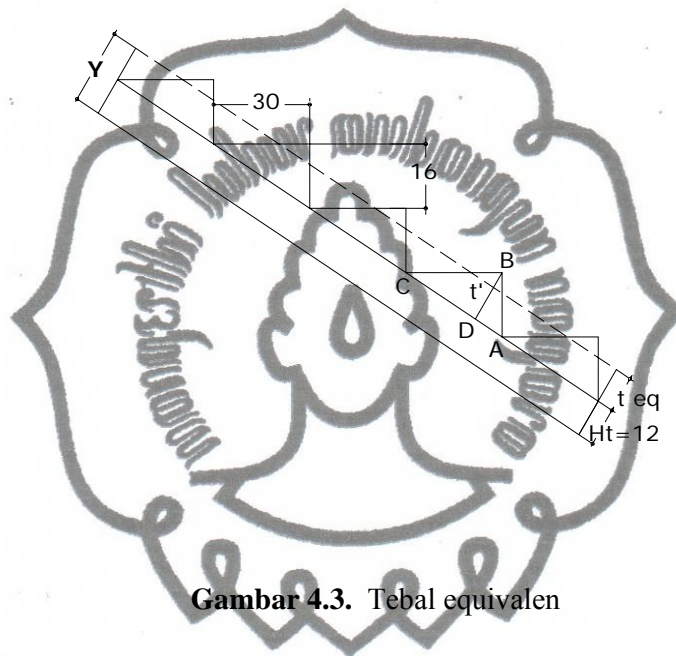
92

$$\alpha = \text{Arc.tg} (200/350) = 29,74^{\circ}$$

$$= 29,74^{\circ} < 35^{\circ} \dots\dots (\text{Ok})$$

### 4.3. Perhitungan Tebal Plat Equivalen dan Pembebanan

#### 4.3.1. Perhitungan Tebal Plat Equivalen



Gambar 4.3. Tebal equivalen

$$\frac{BD}{AB} = \frac{BC}{AC}$$

$$BD = \frac{AB \times BC}{AC}, \quad AC = \sqrt{(16)^2 + (30)^2} = 34 \text{ cm}$$

$$= \frac{16 \times 30}{34}$$

$$= 14,12 \text{ cm}$$

$$t_{eq} = 2/3 \times BD$$

$$= 2/3 \times 14,12$$

$$= 9,41 \text{ cm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

93

Jadi total equivalen plat tangga

$$\begin{aligned} Y &= t_{eq} + h_t \\ &= 9,41 + 12 \\ &= 21,41 \text{ cm} \\ &= 0,2141 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.3.2. Perhitungan Beban

a) Pembebanan tangga ( tabel 2 . 1 PPIUG 1983 )

1. Akibat beban mati ( $q_D$ )

Berat tegel keramik (1 cm)	$= 0,01 \times 1,5 \times 2400$	$= 36$	kg/m
Berat spesi (2 cm)	$= 0,02 \times 1,5 \times 2100$	$= 63$	kg/m
Berat plat tangga	$= 0,23 \times 1,5 \times 2400$	$= 828$	kg/m
Berat sandaran tangga	$= 0,7 \times 0,1 \times 1000 \times 1$	$= 70$	kg/m
		$q_D = 997$	kg/m

2. Akibat beban hidup ( $q_L$ )

$$\begin{aligned} q_L &= 1,50 \times 300 \text{ kg/m}^2 \\ &= 450 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

3. Beban ultimate ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 997 + 1,6 \cdot 450 \\ &= 1916,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b) Pembebanan pada bordes ( tabel 2 . 1 PPIUG 1983 )

1. Akibat beban mati ( $q_D$ )

Berat tegel keramik (1 cm)	$= 0,01 \times 3,5 \times 2400$	$= 84$	kg/m
Berat spesi (2 cm)	$= 0,02 \times 3,5 \times 2100$	$= 147$	kg/m
Berat plat bordes	$= 0,15 \times 3,5 \times 2400$	$= 1260$	kg/m
Berat sandaran tangga	$= 0,7 \times 0,1 \times 1000 \times 2$	$= 140$	kg/m
		$q_D = 1631$	kg/m

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

94

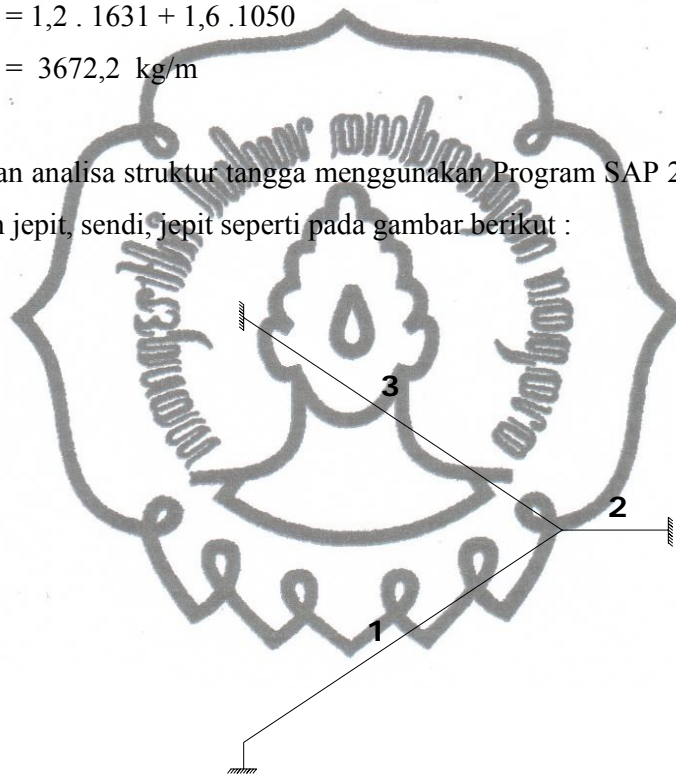
#### 2. Akibat beban hidup ( $q_L$ )

$$\begin{aligned}q_L &= 3,5 \times 300 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1050 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

#### 3. Beban ultimate ( $q_U$ )

$$\begin{aligned}q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 1631 + 1,6 \cdot 1050 \\ &= 3672,2 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Perhitungan analisa struktur tangga menggunakan Program SAP 2000 tumpuan di asumsikan jepit, sendi, jepit seperti pada gambar berikut :



**Gambar 4.4.** Rencana tumpuan tangga

*commit to user*



## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

95

### 4.4. Perhitungan Tulangan Tangga dan Bordes

#### 4.4.1. Perhitungan Tulangan Tangga

Data :

$$b = 1500$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} D \text{ tul} \\ &= 150 - 40 - 6 \\ &= 104 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

Untuk plat digunakan :

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,054 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,054 \\ &= 0,04 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

#### Daerah Tumpuan

$$M_u = 2770,1 \text{ kgm} = 2,77 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \quad (\text{Perhitungan SAP})$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,77 \cdot 10^7}{0,8} = 3,46 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,29$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{3,46 \cdot 10^7}{1500 \cdot (104)^2} = 2,13 \text{ N/mm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

96

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 2,13}{240}} \right) \\ &= 0,00937\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

$$> \rho_{\min}$$

di pakai  $\rho = 0,00937$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00937 \cdot 1500 \cdot 104 \\ &= 1461,72 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Dipakai tulangan } D 16 \text{ mm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \times 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{1461,72}{113,04} = 12,93 \approx 13 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan } 1 \text{ m} = \frac{1000}{13} = 75 \text{ mm}$$

**Dipakai tulangan D 12mm – 75 mm**

$$\begin{aligned}A_s \text{ yang timbul} &= 13 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 1469,52 \text{ mm}^2 > A_s (1461,72) \dots \dots \dots \text{Aman !}\end{aligned}$$

### Daerah Lapangan

$$M_u = 1367,9 \text{ kgm} = 1,368 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \quad (\text{Perhitungan SAP})$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,368 \cdot 10^7}{0,8} = 1,71 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,29$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,71 \cdot 10^7}{1500 \cdot (104)^2} = 1,05 \text{ N/mm}$$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

97

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 1,05}{240}} \right) \\ &= 0,0045\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

$$> \rho_{\min}$$

di pakai  $\rho = 0,0045$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0045 \cdot 1500 \cdot 104 \\ &= 702 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Dipakai tulangan } D \text{ 12 mm} \quad = \frac{1}{4} \cdot \pi \times 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

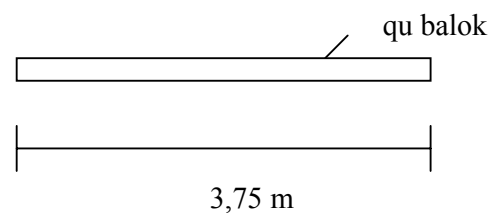
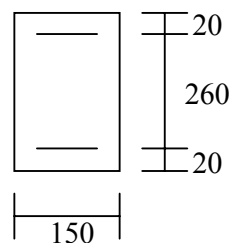
$$\text{Jumlah tulangan dalam 1 m} \quad = \frac{702}{113,04} = 6,21 \approx 7 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan 1 m} \quad = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{As yang timbul} &= 7 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 791,28 \text{ mm}^2 > A_s (702 \text{ mm}^2) \dots\dots\dots \text{Aman !}\end{aligned}$$

**Dipakai tulangan 7 D 12 mm – 250 mm**

#### 4.4.2. Perencanaan Balok Bordes



Data perencanaan:

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

98

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 300 - 40 = 260 \text{ mm}$$

#### 4.4.3. Pembebanan Balok Bordes

##### 1) Beban mati ( $q_D$ )

$$\text{Berat sendiri} = 0,15 \times 0,3 \times 2400 = 108 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \times 2 \times 1700 = 510 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat plat bordes} = 0,15 \times 240 = 360 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 978 \text{ kg/m}$$

##### 2) Beban Hidup ( $q_L$ ) = 300 Kg/m

##### 3) Beban ultimate ( $q_u$ )

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 978 + 1,6 \cdot 300 \\ &= 1653,6 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

##### 4) Beban reaksi bordes

$$q_u = \frac{\text{Reaksi bordes}}{\text{lebar bordes}}$$

$$= \frac{1/2 \cdot 1653,6}{1,5}$$

$$= 551,2 \text{ Kg/m}$$

#### 4.4.4. Perhitungan tulangan lentur

$$M_u = 2306,39 \text{ kgm} = 2,306 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \quad (\text{Perhitungan SAP})$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,306 \cdot 10^7}{0,8} = 2,88 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,29$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

99

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{240} 0,85 \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,054\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,054 \\ &= 0,04\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2,88 \cdot 10^7}{150 \cdot (260)^2} = 2,84 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,29 \times 2,84}{240}} \right) \\ &= 0,013\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &< \rho_{\max} \\ &> \rho_{\min}\end{aligned}$$

di pakai  $\rho = 0,013$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,013 \cdot 150 \cdot 260 \\ &= 507 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Dipakai tulangan } D 12 \text{ mm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \times 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{507}{113,04} = 4,49 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{As yang timbul} &= 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 565,2 \text{ mm}^2 > A_s(507) \text{ ..... Aman !}\end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

100

Dipakai tulangan **5 D 12 mm**

### 4.4.5. Perhitungan Tulangan Geser Balok Bordes

$$V_u = 2790,45 \text{ kg} = 27904,5 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$$

$$= 1/6 \cdot 150 \cdot 260 \cdot \sqrt{25}$$

$$= 32500 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot V_c$$

$$= 24375 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 73125 \text{ N}$$

$$V_u > \phi V_c$$

Jadi di perlukan tulangan geser

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$= 27904,5 - 24375 = 3529,5 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,75} = \frac{3529,5}{0,75} = 4706 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (8)^2$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,48 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{100,48 \times 240 \times 260}{4706} = 1332,33 \text{ mm}$$

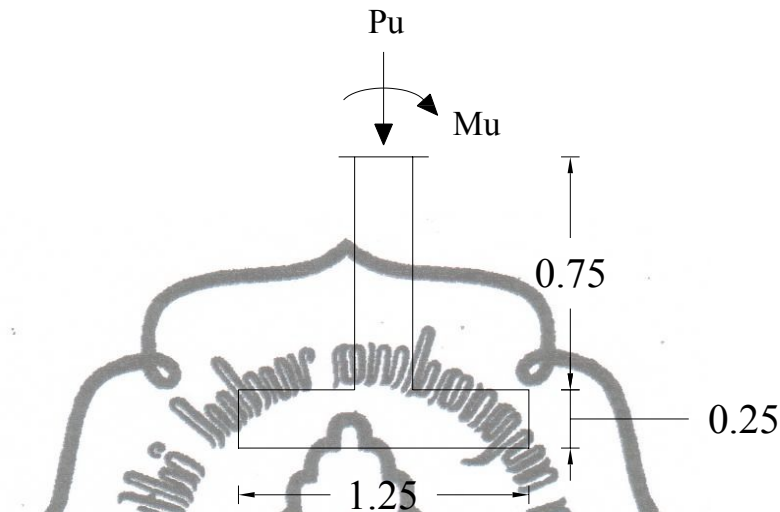
$$S_{\max} = d/2 = \frac{260}{2} = 130 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan **Ø 8 – 100 mm**

*commit to user*



#### 4.5. Perhitungan Pondasi Tangga



Gambar 4.5. Pondasi Tangga

Direncanakan pondasi telapak dengan kedalaman 1,25 m dan panjang 1,50m

- Tebal = 250 mm
- Ukuran alas = 1500 x 1250 mm
- $\gamma$  tanah =  $1,7 \text{ t/m}^3 = 1700 \text{ kg/m}^3$
- $\sigma$  tanah =  $1,75 \text{ kg/cm}^2 = 17500 \text{ kg/m}^2$
- $P_u$  = 13477,39 kg
- $h$  = 250 mm
- $d$  =  $h - p - 1/2 \text{ } \phi_t - \phi_s$   
 $= 250 - 40 - 1/2 \cdot 12 - 8 = 206 \text{ mm}$

##### 4.5.1. Perencanaan kapasitas dukung pondasi

##### 4.7.1. Perhitungan kapasitas dukung pondasi

##### 5) Pembebanan pondasi

Berat telapak pondasi	$= 1,5 \times 1,25 \times 0,25 \times 2400$	$= 1125$	kg
Berat tanah	$= 2 (0,5 \times 0,75) \times 1 \times 1700$	$= 1275$	kg
Berat kolom	$= (0,25 \times 1,5 \times 0,75) \times 2400$	$= 675$	kg
$P_u$		$= 13477,39$	kg
		<u><math>V \text{ tot} = 16552,39</math></u>	kg

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

102

$$\sigma_{\text{yang terjadi}} = \frac{V_{\text{tot}}}{A} + \frac{M_{\text{tot}}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot L^2}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{tanah}} &= \frac{16552,39}{1,5 \cdot 1,25} + \frac{2770,1}{1/6 \cdot 1,5 \cdot (1,25)^2} = 8828,01 \text{ kg/m}^2 \\ &= 8828,01 \text{ kg/m}^2 < 17500 \text{ kg/m}^2 \\ &= \sigma_{\text{yang terjadi}} < \sigma_{\text{ijin tanah}} \dots \dots \dots \text{Ok!}\end{aligned}$$

#### 4.7.2. Perhitungan Tulangan Lentur

$$\begin{aligned}M_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l^2 = \frac{1}{2} \cdot 16552,39 \cdot (0,5)^2 \\ &= 2069 \text{ kg/m} = 2,069 \cdot 10^7 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$M_n = \frac{2,069 \cdot 10^7}{0,8} = 2,586 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot 25} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,29$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,054\end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2,586 \cdot 10^7}{1500 \cdot (196)^2} = 0,449$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,04\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{\text{ada}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

103

$$= \frac{1}{11,29} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,449}{240}} \right)$$

$$= 0,0019$$

$$\rho_{\text{ada}} < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho_{\text{ada}} < \rho_{\text{min}} \longrightarrow \text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,0058$$

#### ▪ Untuk Arah Sumbu Panjang

$$A_{s \text{ ada}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0058 \cdot 1500 \cdot 196$$

$$= 1705,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{digunakan tul } \varnothing 12 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (12)^2$$

$$= 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{1705,2}{113,04} = 15,08 \sim \mathbf{16 \text{ buah}}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1500}{16} = 93,75 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan  **$\varnothing 12 - 90 \text{ mm}$**

$$A_{s \text{ yang timbul}} = 16 \times 113,04$$

$$= 1808,64 > A_{s(1705,22)} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

#### ▪ Untuk Arah Sumbu Pendek

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0058 \cdot 1250 \cdot 196$$

$$= 1421 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 12 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (12)^2$$

$$= 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{1421}{113,04} = 12,57 \sim 13 \text{ buah}$$

*commit to user*



**Tugas Akhir****Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai**

104

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1250}{13} = 96,15 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan **Ø12 – 90 mm**

$$\begin{aligned} \text{As yang timbul} &= 13 \times 113,04 \\ &= 1469,52 > \text{As (1421)} \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

*commit to user*



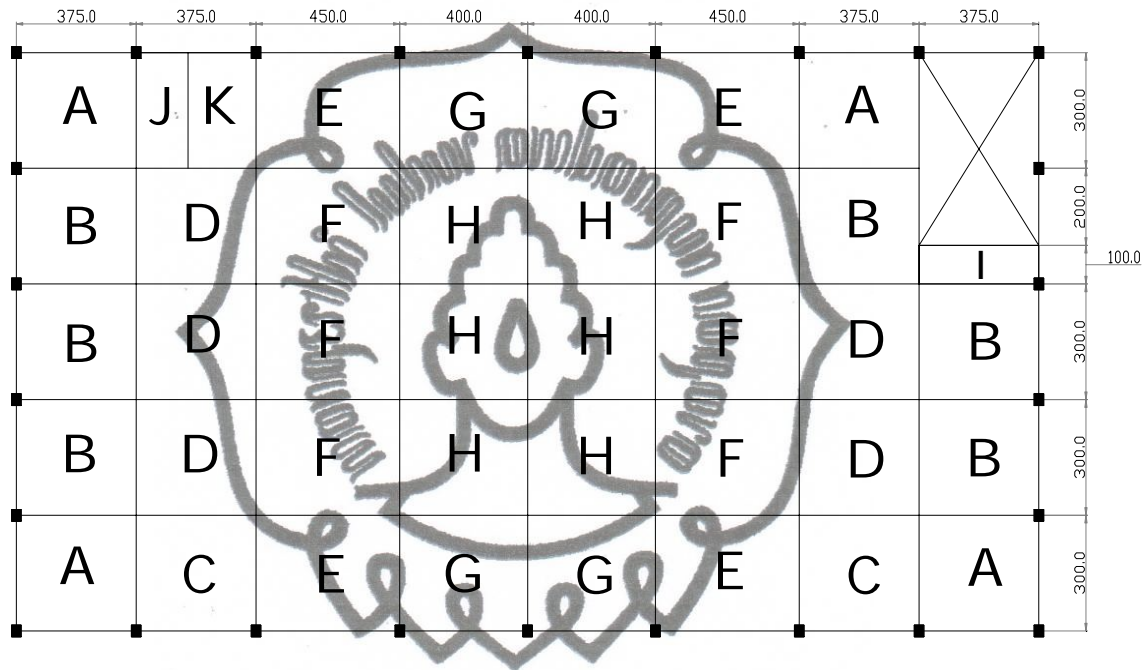
## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

## BAB 5

### PLAT LANTAI

#### 5.1. Perencanaan Plat Lantai



Gambar 5.1. Denah Plat lantai

#### 5.2. Perhitungan Pembebanan Plat Lantai

##### Plat Lantai

##### a. Beban Hidup ( $q_L$ )

Berdasarkan PPIUG untuk gedung 1983 yaitu :

Beban hidup fungsi gedung untuk swalayan tiap 1 m = 250 kg/m<sup>2</sup>

##### b. Beban Mati ( $q_D$ ) tiap 1 m

Berat plat sendiri = 0,12 x 2400 x 1 = 288 kg/m

Berat keramik ( 1 cm ) = 0,01 x 2400 x 1 = 24 kg/m`

Berat Spesi ( 2 cm ) = 0,02 x 2100 x 1 = 42 kg/m

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

106

Berat plafond + instalasi listrik	=	25	kg/m
Berat Pasir ( 2 cm )	= 0,02 x 1,6 x 1	=	32 kg/m
		qD	411 kg/m

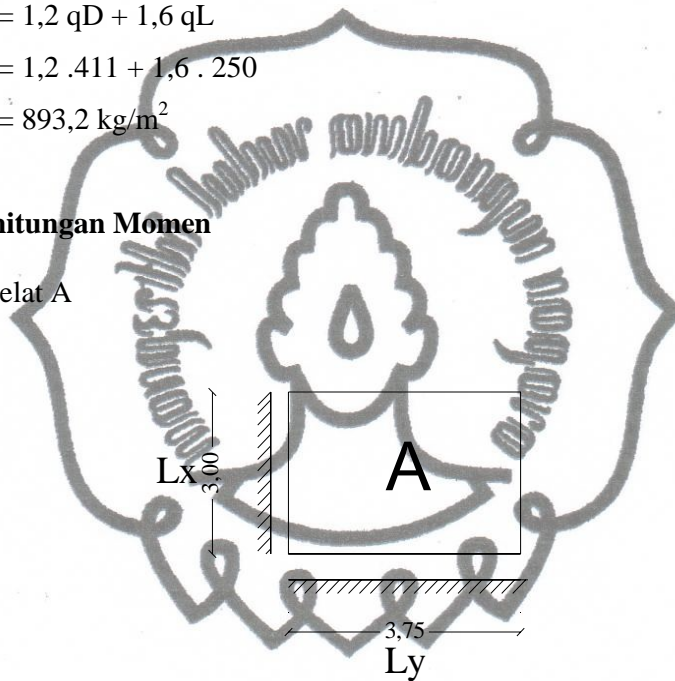
#### c. Beban Ultimate ( qU )

Untuk tinjauan lebar 1 m pelat maka :

$$\begin{aligned}
 qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\
 &= 1,2 \cdot 411 + 1,6 \cdot 250 \\
 &= 893,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

### 5.3. Perhitungan Momen

#### a. Tipe pelat A



Gambar 5.2. Plat tipe A

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{3,75}{3} = 1,25$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 42 = 337,63 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 27 = 217,05 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 92 = -739,57 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 76 = -610,95 \text{ kgm}$$

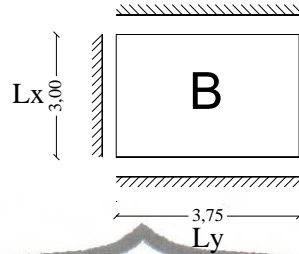


## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

107

b. Tipe pelat B



Gambar 5.3. Plat tipe B

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3,75}{3} = 1,25$$

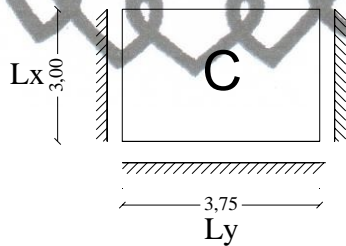
$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 35 = 281,35 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 19 = 152,74 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 71 = -570,75 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 57 = -458,21 \text{ kgm}$$

c. Tipe pelat C



Gambar 5.4. Plat tipe C

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3,75}{3} = 1,25$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 36 = 289,40 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 20 = 160,78 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 82 = -659,18 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 72 = -578,79 \text{ kgm}$$

*commit to user*

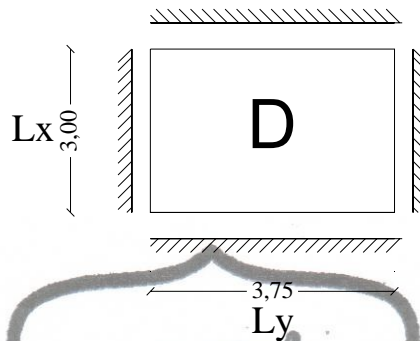


## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

108

d. Tipe plat D



Gambar 5.5. Plat tipe D

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3,75}{3} = 1,25$$

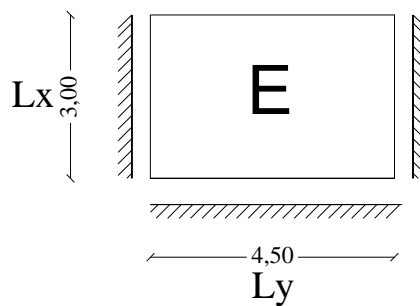
$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 31 = 249,20 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 19 = 152,73 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 69 = -554,68 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 57 = -458,21 \text{ kgm}$$

e. Tipe pelat E



Gambar 5.6. Plat tipe E

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4,5}{3} = 1,5$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

109

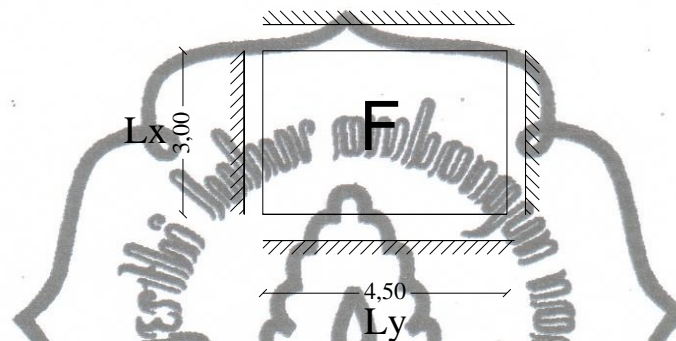
$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 43 = 345,67 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 26 = 209,01 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 94 = -755,65 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 76 = -610,95 \text{ kgm}$$

f. Tipe pelat F



Gambar 5.7. Plat tipe F

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4,5}{3} = 1,5$$

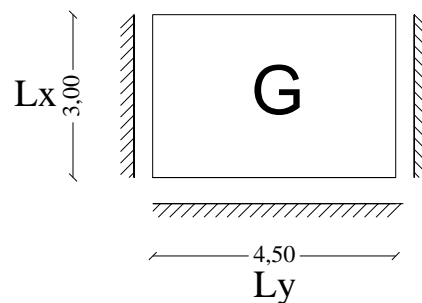
$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 36 = 289,40 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 17 = 136,76 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 76 = -310,95 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 57 = -458,21 \text{ kgm}$$

g. Tipe pelat G



Gambar 5.8. Plat tipe G

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4}{3} = 1,3$$

*commit to user*



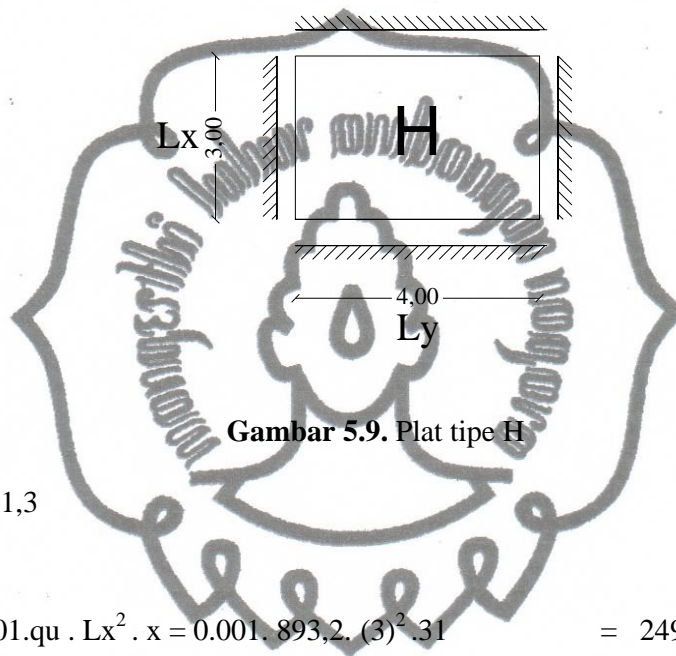
## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

110

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0.001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 36 &= 289,40 \text{ kgm} \\
 M_{ly} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0.001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 20 &= 160,78 \text{ kgm} \\
 M_{tx} &= -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0.001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 82 &= -659,18 \text{ kgm} \\
 M_{ty} &= -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0.001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 78 &= -627,03 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

h. Tipe pelat H

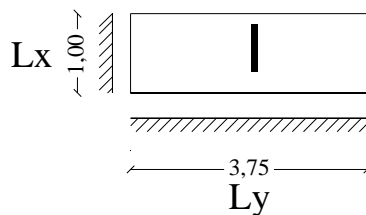


Gambar 5.9. Plat tipe H

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4}{3} = 1,3$$

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0.001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 31 &= 249,20 \text{ kgm} \\
 M_{ly} &= 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0.001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 19 &= 152,74 \text{ kgm} \\
 M_{tx} &= -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0.001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 69 &= -554,68 \text{ kgm} \\
 M_{ty} &= -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0.001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 57 &= -458,21 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

i. Tipe pelat I



Gambar 5.10. Plat tipe I

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

111

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3,75}{1} = 3,75$$

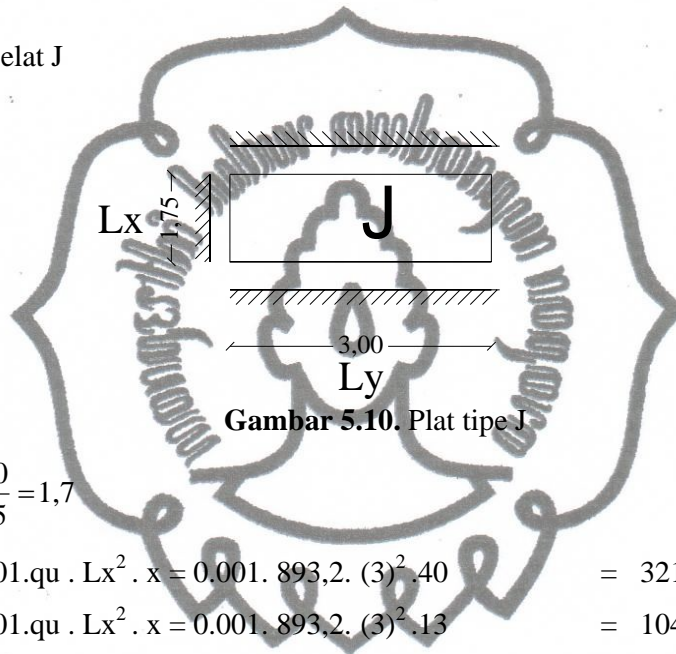
$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (1)^2 \cdot 63 = 56,27 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (1)^2 \cdot 13 = 11,61 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (1)^2 \cdot 125 = -111,65 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (1)^2 \cdot 79 = -70,56 \text{ kgm}$$

j. Tipe pelat J



Gambar 5.10. Plat tipe J

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3,00}{1,75} = 1,7$$

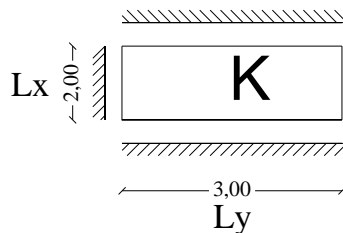
$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 40 = 321,55 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 13 = 104,50 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 82 = -659,18 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 893,2 \cdot (3)^2 \cdot 57 = -458,21 \text{ kgm}$$

k. Tipe pelat K



Gambar 5.10. Plat tipe K

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

112

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3}{2} = 1,5$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (2)^2 \cdot 38 = 135,77 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 893,2 \cdot (2)^2 \cdot 15 = 53,590 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = - 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = - 0,001 \cdot 893,2 \cdot (2)^2 \cdot 79 = - 282,25 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = - 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = - 0,001 \cdot 893,2 \cdot (2)^2 \cdot 57 = - 203,65 \text{ kgm}$$

#### 5.4. Penulangan Plat Lantai

Tabel 5.1. Perhitungan Plat Lantai

Type Plat	$L_y/L_x$ (m)	$M_{lx}$ (kgm)	$M_{ly}$ (kgm)	$M_{tx}$ (kgm)	$M_{ty}$ (kgm)
A	$3,75/3=1,25$	337,63	<u>217,05</u>	739,57	610,95
B	$3,75/3=1,25$	281,35	152,74	570,75	458,21
C	$3,75/3=1,25$	289,40	160,75	659,18	578,79
D	$3,75/3=1,25$	249,20	152,73	554,68	458,21
E	$4,5/3=1,5$	<u>345,67</u>	209,01	<u>755,65</u>	610,95
F	$4,5/3=1,5$	289,40	136,76	310,95	458,21
G	$4/3=1,3$	289,40	160,78	659,03	<u>627,03</u>
H	$4/3=1,3$	249,20	152,74	554,68	458,21
I	$3,75/1=3,75$	56,270	11,610	111,65	70,560
J	$3/1,75=1,7$	321,55	104,50	659,18	458,21
K	$3/2=1,5$	135,77	53,590	282,25	203,65

Dari perhitungan momen diambil momen terbesar yaitu:

$$M_{lx} = 345,67 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 217,05 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = - 755,65 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = - 627,03 \text{ kgm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

113

Data : Tebal plat ( h ) = 12 cm = 120 mm

Tebal penutup ( d' ) = 20 mm

Diameter tulangan ( Ø ) = 10 mm

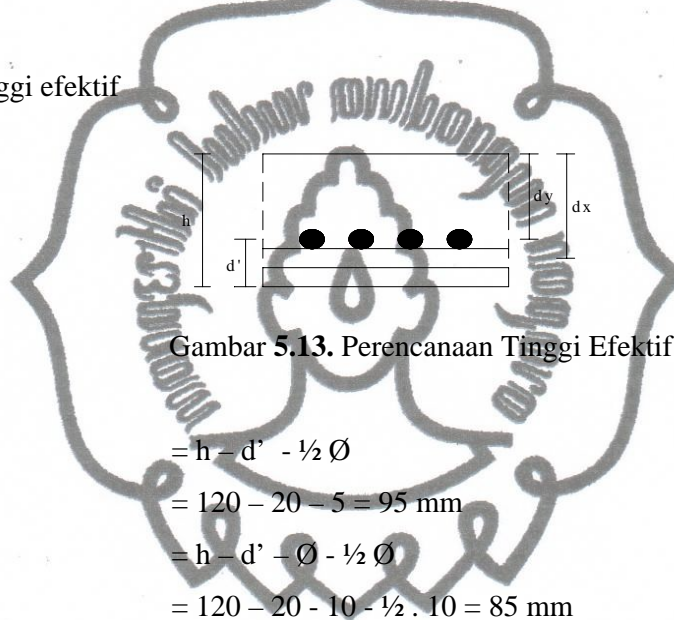
b = 1000

$f_y$  = 240 Mpa

$f'_c$  = 25 Mpa

Tinggi Efektif ( d ) =  $h - d' = 120 - 20 = 100$  mm

Tinggi efektif



Gambar 5.13. Perencanaan Tinggi Efektif

$$\begin{aligned} dx &= h - d' - \frac{1}{2} \text{Ø} \\ &= 120 - 20 - 5 = 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - d' - \text{Ø} - \frac{1}{2} \text{Ø} \\ &= 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

untuk plat digunakan

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \cdot \left( \frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,0538 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,0403 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025 \text{ ( untuk pelat )}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

114

#### 5.5. Penulangan lapangan arah x

$$M_u = 345,67 \text{ kgm} = 3,46 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3,46 \cdot 10^6}{0,8} = 4,33 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4,33 \cdot 10^6}{1000 \cdot (95)^2} = 0,48 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,29$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,48}{240}} \right) \\ &= 0,00202 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho < \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{min}} = 0,0025$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0025 \cdot 1000 \cdot 95 \\ &= 237,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{237,5}{78,5} = 3,02 \sim 4 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam } 1 \text{ m}^1 = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 314 > 237,5 \text{ (As) ...ok!}$$

Dipakai tulangan  $\varnothing 10 - 250 \text{ mm}$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

115

#### 5.6. Penulangan lapangan arah y

$$M_u = 217,05 \text{ kgm} = 2,17 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,17 \cdot 10^6}{0,8} = 2,71 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2,71 \cdot 10^6}{1000 \cdot (85)^2} = 0,375 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,29$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,375}{240}} \right) \\ &= 0,00158 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho < \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{min}} = 0,0025$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0025 \cdot 1000 \cdot 85 \\ &= 212,51 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{212,5}{78,5} = 2,71 \sim 3 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam } 1 \text{ m}^1 = \frac{1000}{3} = 333$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 235,5 > 212,51 \text{ (As) ....ok!}$$

Dipakai tulangan  $\varnothing 10 - 333 \text{ mm}$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

116

#### 5.7. Penulangan tumpuan arah x

$$M_u = 755,65 \text{ kgm} = 7,55 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{7,55 \cdot 10^6}{0,8} = 9,44 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{9,44 \cdot 10^6}{1000 \cdot (85)^2} = 1,31 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,29$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 1,31}{240}} \right) \\ &= 0,00564 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho > \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,00564$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00564 \cdot 1000 \cdot 85 \\ &= 479,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{479,4}{78,5} = 6,11 \sim 7 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam } 1 \text{ m}^1 = \frac{1000}{7} = 143 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 7 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 549,5 > 479,4 \text{ (As) ....ok!}$$

Dipakai tulangan  $\varnothing 10 - 143 \text{ mm}$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

117

#### 5.8. Penulangan tumpuan arah y

$$M_u = 627,03 \text{ kgm} = 6,27 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{6,27 \cdot 10^6}{0,8} = 7,84 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{7,84 \cdot 10^6}{1000 \cdot (95)^2} = 0,869 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,29$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,869}{240}} \right) \\ &= 0,0037 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho > \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0037$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0037 \cdot 1000 \cdot 95 \\ &= 351,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \emptyset 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{351,5}{78,5} = 4,47 \sim 5 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam } 1 \text{ m}^1 = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 392,5 > 351,5 \text{ (As) ....ok!}$$

Dipakai tulangan  $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

118

#### 5.9. Rekapitulasi Tulangan

Dari perhitungan diatas diperoleh :

Tulangan lapangan arah x  $\varnothing 10 - 250 \text{ mm}$

Tulangan lapangan arah y  $\varnothing 10 - 333 \text{ mm}$

Tulangan tumpuan arah x  $\varnothing 10 - 143 \text{ mm}$

Tulangan tumpuan arah y  $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

Tabel 5.2. Penulangan Plat Lantai

TIPE PLAT	Berdasarkan perhitungan				Penerapan di lapangan			
	Tulangan Lapangan		Tulangan Tumpuan		Tulangan Lapangan		Tulangan Tumpuan	
	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)
A	$\varnothing 10-250$	<u><math>\varnothing 10-333</math></u>	$\varnothing 10-143$	$\varnothing 10-200$	$\varnothing 10-240$	<u><math>\varnothing 10-240</math></u>	$\varnothing 10-120$	$\varnothing 10-120$
B	$\varnothing 10-250$	$\varnothing 10-333$	$\varnothing 10-143$	$\varnothing 10-200$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-120$	$\varnothing 10-120$
C	$\varnothing 10-250$	$\varnothing 10-333$	$\varnothing 10-143$	$\varnothing 10-200$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-120$	$\varnothing 10-120$
D	$\varnothing 10-250$	$\varnothing 10-333$	$\varnothing 10-143$	$\varnothing 10-200$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-120$	$\varnothing 10-120$
E	<u><math>\varnothing 10-250</math></u>	$\varnothing 10-333$	<u><math>\varnothing 10-143</math></u>	$\varnothing 10-200$	<u><math>\varnothing 10-240</math></u>	$\varnothing 10-240$	<u><math>\varnothing 10-120</math></u>	$\varnothing 10-120$
F	$\varnothing 10-250$	$\varnothing 10-333$	$\varnothing 10-143$	$\varnothing 10-200$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-120$	$\varnothing 10-120$
G	$\varnothing 10-250$	$\varnothing 10-333$	$\varnothing 10-143$	<u><math>\varnothing 10-200</math></u>	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-120$	<u><math>\varnothing 10-120</math></u>
H	$\varnothing 10-250$	$\varnothing 10-333$	$\varnothing 10-143$	$\varnothing 10-200$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-120$	$\varnothing 10-120$
I	$\varnothing 10-250$	$\varnothing 10-333$	$\varnothing 10-143$	$\varnothing 10-200$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-120$	$\varnothing 10-120$
J	$\varnothing 10-250$	$\varnothing 10-333$	$\varnothing 10-143$	$\varnothing 10-200$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-120$	$\varnothing 10-120$
K	$\varnothing 10-250$	$\varnothing 10-333$	$\varnothing 10-143$	$\varnothing 10-200$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-240$	$\varnothing 10-120$	$\varnothing 10-120$

commit to user



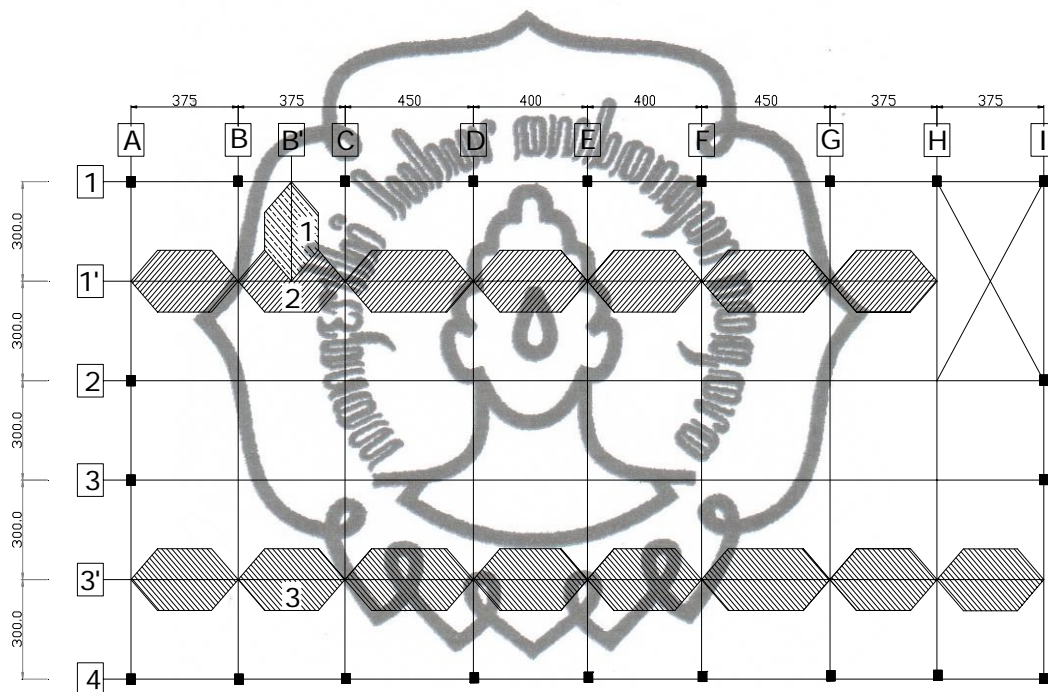
## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

# BAB 6

## BALOK ANAK

### 6.1. Perencanaan Balok Anak



**Gambar 6.1.** Area Pembebanan Balok Anak

Keterangan:

Balok anak : as B' ( 1 – 1' )

Balok anak : as 1' ( B – C )

Balok anak : as 3' ( A – H )

*commit to user*



## Tugas Akhir

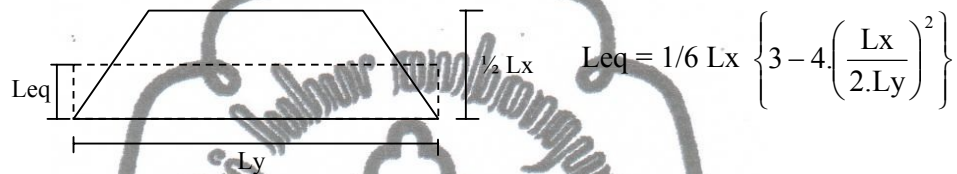
### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

120

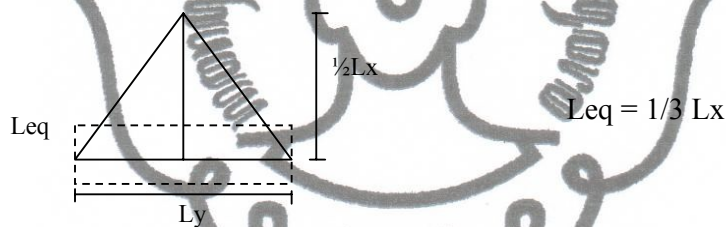
#### 6.1.1. Perhitungan Lebar Equivalen

Untuk mengubah beban segitiga dan beban trapesium dari plat menjadi beban merata pada bagian balok, maka beban plat harus diubah menjadi beban equivalent yang besarnya dapat ditentukan sebagai berikut :

##### a Lebar Equivalen Tipe I



##### b Lebar Equivalen Tipe II



#### 6.1.2. Lebar Equivalen Balok Anak

**Tabel 6.1.** Hitungan Lebar Equivalen

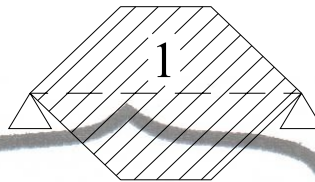
No.	Ukuran Plat (m <sup>2</sup> )	Lx (m)	Ly (m)	Leq (segitiga)	Leq (trapesium)
1.	2,0 × 3,0	2,0	3,0	-	0,85
2.	3,0 × 3,75	3,0	3,75	-	1,18
3.	3,0 × 4,5	3,0	4,5	-	1,28
4.	3,0 × 4,0	3,0	4,0	-	1,22
5.	3,0x 2,0	2,0	3,0	0,67	
6.	3,0 x 1,75	1,75	3,0	0,58	

*commit to user*



## 6.2. Pembebanan Balok Anak as B' ( 1 – 1' )

### 6.2.1. Pembebanan



**Gambar 6.2.** Lebar Equivalen Balok Anak as B' (1-1')

Perencanaan Dimensi Balok

$$\begin{aligned} h &= 1/12 \cdot L_y \\ &= 1/12 \cdot 3000 \\ &= 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 2/3 \cdot h \\ &= 2/3 \cdot 250 \\ &= 166,67 \text{ mm} \quad (h \text{ dipakai } = 300 \text{ mm}, b = 200 \text{ mm}) \end{aligned}$$

#### 1. Beban Mati ( $q_D$ )

Pembebanan balok as ( 1 – 1' )

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 0,2 \times (0,30 - 0,12) \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 64,8 \text{ kg/m} \\ \text{Beban plat} &= (2 \times 0,85) \times 411 \text{ kg/m}^2 = 698,7 \text{ kg/m} \\ \text{Berat dinding} &= 0,15 \times (4,0 - 0,30) \times 1700 = 723,35 \text{ kg/m} + \\ q_D &= 1486,85 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 2. Beban hidup ( $q_L$ )

Beban hidup digunakan 250 kg/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} q_L &= (1 \times 0,85) \times 250 \text{ kg/m}^2 \\ &= 212,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 3. Beban berfaktor ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} q_{U1} &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 1486,85 + 1,6 \cdot 212,5 \\ &= 2124,22 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

122

#### 6.2.2. Perhitungan Tulangan

##### a. Tulangan Lentur Balok Anak

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 h &= 300 \text{ mm} & \emptyset_t &= 16 \text{ mm} \\
 b &= 200 \text{ mm} & \emptyset_s &= 8 \text{ mm} \\
 p &= 40 \text{ mm} & d &= h - p - 1/2 \emptyset_t - \emptyset_s \\
 f_y &= 360 \text{ Mpa} & &= 300 - 40 - 1/2 \cdot 16 - 8 \\
 f'_c &= 25 \text{ MPa} & &= 244
 \end{aligned}$$

##### Tulangan Lentur Daerah Lapangan

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 25}{360} \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,03136 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03136 \\
 &= 0,0235 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,00389
 \end{aligned}$$

##### Daerah Tumpuan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$\begin{aligned}
 M_u &= 2095,01 \text{ kgm} = 2,095 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,095 \cdot 10^7}{0,8} = 2,619 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2,619 \cdot 10^7}{200 \times (244)^2} = 2,2 \text{ N/mm}^2 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94
 \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

123

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,94 \times 2,2}{360}} \right) \\ &= 0,00647\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho > \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,00647$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00647 \cdot 200 \cdot 244 \\ &= 315,74 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan D 16} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16)^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{315,74}{200,96} = 1,07 \sim 2 \text{ buah.}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ ada} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots \text{aman !}\end{aligned}$$

$$a = \frac{A_s \text{ ada} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{401,92 \times 360}{0,85 \times 25 \times 200} = 34,04$$

$$\begin{aligned}M_n \text{ ada} &= A_s \text{ ada} \times f_y (d - a/2) \\ &= 401,92 \times 360 (244 - 34,04/2) \\ &= 3,2842 \cdot 10^7 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$M_n \text{ ada} > M_n \dots\dots \text{aman !}$$

**Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm**

### Daerah Lapangan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 1331,89 \text{ kgm} = 1,33 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,33 \cdot 10^7}{0,8} = 1,66 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

124

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,66 \cdot 10^7}{200 \times (244)^2} = 1,39 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,94 \times 1,39}{360}} \right)$$

$$= 0,004$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho > \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,004$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,004 \cdot 200 \cdot 244$$

$$= 195,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan D 16} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16)^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{195,2}{200,96} = 0,97 \sim 2 \text{ buah.}$$

$$A_s \text{ ada} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots\dots \text{aman !}$$

$$a = \frac{A_s \text{ ada} \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{401,92 \times 360}{0,85 \times 25 \times 200} = 34,04$$

$$M_n \text{ ada} = A_s \text{ ada} \times f_y (d - a/2)$$

$$= 401,92 \times 360 (244 - 34,04/2)$$

$$= 3,2842 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ ada} > M_n \dots\dots\dots \text{aman !}$$

**Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm**

*commit to user*





## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

125

### Tulangan Geser

Dari perhitungan SAP 2000 diperoleh :

$$V_u = 2389,75 \text{ kg} = 23897,5 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi = 300 - 40 - \frac{1}{2} (12) = 254 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 254$$

$$= 42333,33 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 42333,33 \text{ N}$$

$$= 31750 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 31750$$

$$= 95250 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c < 3 \phi V_c$$

$$23897,5 \text{ N} < 31750 \text{ N} < 95250 \text{ N}$$

Jadi tidak di perlukan tulangan geser

$$S_{\max} = d/2 = \frac{244}{2} = 122 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan **Ø 8 - 100**

*commit to user*



### 6.3. Pembebanan Balok Anak as 1' (A-I)

#### 6.3.1. Pembebanan



Gambar 6.3. Lebar Equivalen Balok Anak as 1'

Perencanaan Dimensi Balok :

$$h = 1/12 \cdot L_y$$

$$= 1/12 \cdot 3750$$

$$= 312,5 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 \cdot h$$

$$= 2/3 \cdot 400$$

$$= 266,66 \text{ mm (h dipakai} = 400 \text{ mm, } b = 300 \text{ mm)}$$

#### 1. Beban Mati ( $q_D$ )

Pembebanan balok as 1' ( B – C )

Berat sendiri	$= 0,3 \times (0,4 - 0,12) \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 201,6 \text{ kg/m}$
---------------	--	------------------------

Beban Plat	$= (0,79 + 1,18) \times 411 \text{ kg/m}^2$	$= 809,67 \text{ kg/m}$
------------	---	-------------------------

$q_D$	$= 1011,27 \text{ kg/m}$
-------	--------------------------

#### 2. Beban hidup ( $q_L$ )

Beban hidup digunakan  $250 \text{ kg/m}^2$

$$q_L = (0,79 + 1,18) \times 250 \text{ kg/m}^2 = 492,5 \text{ kg/m}$$

#### 3. Beban reaksi

$$\text{Beban reaksi } a = b = 3186,33 \text{ kg}$$

#### 4. Beban berfaktor ( $q_U$ )

$$q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$$

$$= (1,2 \times 1011,27) + (1,6 \times 492,5)$$

$$= 2001,52 \text{ kg/m}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

127

#### 6.3.2. Perhitungan Tulangan

##### Tulangan Lentur Balok Anak

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 h &= 400 \text{ mm} & \emptyset_t &= 16 \text{ mm} \\
 b &= 300 \text{ mm} & \emptyset_s &= 8 \text{ mm} \\
 p &= 40 \text{ mm} & d &= h - p - 1/2 \emptyset_t - \emptyset_s \\
 f_y &= 360 \text{ Mpa} & &= 400 - 40 - 1/2 \cdot 16 - 8 \\
 f'_c &= 25 \text{ MPa} & &= 344
 \end{aligned}$$

##### Tulangan Lentur Daerah Lapangan

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 25}{360} \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,03136 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,03136 \\
 &= 0,02352 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,00389
 \end{aligned}$$

##### Daerah Tumpuan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$\begin{aligned}
 M_u &= 5343,77 \text{ kgm} = 5,34 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{5,34 \cdot 10^7}{0,8} = 6,675 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{6,675 \cdot 10^7}{300 \times (344)^2} = 1,88 \text{ N/mm}^2 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94
 \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

128

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,94 \times 1,88}{360}} \right) \\ &= 0,00548\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho > \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,00548$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00548 \cdot 300 \cdot 344 \\ &= 565,54 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan D 16} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16)^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{565,54}{200,96} = 2,81 \sim 3 \text{ buah.}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ ada} &= 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 602,88 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots \text{aman !}\end{aligned}$$

$$a = \frac{A_s \text{ ada} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{602,88 \times 360}{0,85 \times 25 \times 300} = 34,04$$

$$\begin{aligned}M_n \text{ ada} &= A_s \text{ ada} \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 602,88 \times 360 \left( 344 - \frac{34,04}{2} \right) \\ &= 7,0966692 \cdot 10^7 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$M_n \text{ ada} > M_n \dots\dots \text{aman !}$$

**Jadi dipakai tulangan 3 D 16 mm**

### Daerah Lapangan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 4410,97 \text{ kgm} = 4,41 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,41 \cdot 10^7}{0,8} = 5,512 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

129

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{5,512 \cdot 10^7}{300 \times (344)^2} = 1,55 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,94 \times 1,55}{360}} \right) \\ &= 0,00448 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho > \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho = 0,00448$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00448 \cdot 300 \cdot 344 \\ &= 462,336 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan D 16} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16)^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{462,336}{200,96} = 2,3 \sim 3 \text{ buah.}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 602,88 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots\dots \text{aman !} \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_s \text{ ada} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{602,88 \times 360}{0,85 \times 25 \times 300} = 34,04$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ ada} &= A_s \text{ ada} \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 602,88 \times 300 \left( 344 - \frac{34,04}{2} \right) \\ &= 7,0966692 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n \text{ ada} > M_n \dots\dots\dots \text{aman !}$$

Jadi dipakai tulangan **3 D 16 mm**  
*commit to user*



## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

130

### Tulangan Geser

Dari perhitungan SAP 2000 diperoleh :

$$V_u = 3788,23 \text{ kg} = 37882,3 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi = 400 - 40 - \frac{1}{2} (12) = 354 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 354$$

$$= 88500 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 88500 \text{ N}$$

$$= 66375 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 66375$$

$$= 199125 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c < 3 \phi V_c$$

$$37882,3 \text{ N} < 66375 \text{ N} < 199125 \text{ N}$$

Jadi tidak diperlukan tulangan geser

$$S_{\max} = d/2 = \frac{354}{2} = 177 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan  $\phi 8 - 150 \text{ mm}$

*commit to user*



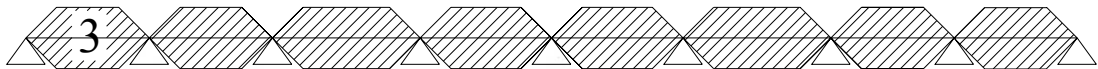
## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

131

#### 6.4. Pembebanan Balok Anak as 3' (A-I)

##### 6.4.1. Pembebanan



Gambar 6.3. Lebar Equivalen Balok Anak as A'

Perencanaan Dimensi Balok :

$$h = 1/12 \cdot L_y$$

$$= 1/12 \cdot 4500$$

$$= 375 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 \cdot h$$

$$= 2/3 \cdot 400$$

$$= 266,66 \text{ mm (h dipakai} = 400 \text{ mm, } b = 300 \text{ mm)}$$

##### 1. Beban Mati ( $q_D$ )

Pembebanan balok as 3' ( A – B )

Berat sendiri	$= 0,3 \times (0,4 - 0,12) \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 201,6 \text{ kg/m}$
---------------	--	------------------------

Beban Plat	$= (2 \times 1,18) \times 411 \text{ kg/m}^2$	$= 969,96 \text{ kg/m}$
------------	---	-------------------------

$q_{D1}$	$= 1171,56 \text{ kg/m}$
----------	--------------------------

Pembebanan balok as 3' ( C – D )

Berat sendiri	$= 0,3 \times (0,4 - 0,12) \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 201,6 \text{ kg/m}$
---------------	--	------------------------

Beban Plat	$= (2 \times 1,28) \times 411 \text{ kg/m}^2$	$= 1052,16 \text{ kg/m}$
------------	---	--------------------------

$q_{D2}$	$= 1253,76 \text{ kg/m}$
----------	--------------------------

Pembebanan balok as 3' ( D – E )

Berat sendiri	$= 0,3 \times (0,4 - 0,12) \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 201,6 \text{ kg/m}$
---------------	--	------------------------

Beban Plat	$= (2 \times 1,22) \times 411 \text{ kg/m}^2$	$= 1002,84 \text{ kg/m}$
------------	---	--------------------------

$q_{D3}$	$= 1204,44 \text{ kg/m}$
----------	--------------------------

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

132

#### 2. Beban hidup ( $q_L$ )

Beban hidup digunakan  $250 \text{ kg/m}^2$

$$q_{L1} = (2 \times 1,18) \times 250 \text{ kg/m}^2$$

$$= 590 \text{ kg/m}$$

$$q_{L2} = (2 \times 1,28) \times 250 \text{ kg/m}^2$$

$$= 640 \text{ kg/m}$$

$$q_{L3} = (2 \times 1,22) \times 250 \text{ kg/m}^2$$

$$= 610 \text{ kg/m}$$

#### 3. Beban berfaktor ( $q_U$ )

$$q_{U1} = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$$

$$= (1,2 \times 1171,56) + (1,6 \times 590)$$

$$= 2349,87 \text{ kg/m}$$

$$q_{U2} = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$$

$$= (1,2 \times 1253,76) + (1,6 \times 640)$$

$$= 2528,51 \text{ kg/m}$$

$$q_{U3} = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$$

$$= (1,2 \times 1204,44) + (1,6 \times 610)$$

$$= 2421,33 \text{ kg/m}$$

#### 6.4.2. Perhitungan Tulangan

##### Tulangan Lentur Balok Anak

Data Perencanaan :

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$\phi_t = 16 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$\phi_s = 8 \text{ mm}$$

$$p = 40 \text{ mm}$$

$$d = h - p - 1/2 \phi_t - \phi_s$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$= 400 - 40 - 1/2 \cdot 16 - 8$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$= 344$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

133

#### Tulangan Lentur Daerah Lapangan

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{360} \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,03136\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,03136 \\ &= 0,02352\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,00389$$

#### Daerah Tumpuan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 3620,47 \text{ kgm} = 3,62 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3,62 \cdot 10^7}{0,8} = 4,525 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4,525 \cdot 10^7}{300 \times (344)^2} = 1,27 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,94 \times 1,27}{360}} \right) \\ &= 0,00364\end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

$$\rho < \rho_{\min}, \text{ di pakai } \rho_{\min} = 0,00389$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00389 \cdot 300 \cdot 344 \\ &= 402,448 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\text{Digunakan tulangan D 16} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16)^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{402,448}{200,96} = 2,00263 \sim 3 \text{ buah.}$$

$$\begin{aligned} \text{As ada} &= 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 602,88 \text{ mm}^2 > \text{As ..... aman !} \end{aligned}$$

$$a = \frac{\text{As ada} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{602,88 \times 360}{0,85 \times 25 \times 300} = 34,04$$

$$\begin{aligned} \text{Mn ada} &= \text{As ada} \times f_y \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 602,88 \times 360 \left(344 - \frac{34,04}{2}\right) \\ &= 7,0966692 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\text{Mn ada} > \text{Mn ..... aman !}$$

**Jadi dipakai tulangan 3 D 16 mm**

#### Daerah Lapangan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$\text{Mu} = 3139,29 \text{ kgm} = 3,139 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{3,139 \cdot 10^7}{0,8} = 3,92 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot d^2} = \frac{3,92 \cdot 10^7}{300 \times (344)^2} = 1,1042 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \text{Rn}}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,1042 \times 360}{360}} \right) \\ &= 0,00315 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\text{max}}$$

$$\rho < \rho_{\text{min}}, \text{ di pakai } \rho_{\text{min}} = 0,00389$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

135

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00389 \cdot 300 \cdot 344 \\ &= 402,448 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan D 16} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16)^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{402,448}{200,96} = 2,00263 \sim 3 \text{ buah.}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 602,88 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots \text{aman !} \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_s \text{ ada} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{602,88 \times 360}{0,85 \times 25 \times 300} = 34,04$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ ada} &= A_s \text{ ada} \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 602,88 \times 360 \left( 344 - \frac{34,04}{2} \right) \\ &= 7,0966692 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n \text{ ada} > M_n \dots\dots \text{aman !}$$

**Jadi dipakai tulangan 3 D 16 mm**

### Tulangan Geser

Dari perhitungan SAP 2000 diperoleh :

$$V_u = 4373,79 \text{ kg} = 43737,9 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \varnothing = 400 - 40 - \frac{1}{2} (12) = 344 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 344 \\ &= 86000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing V_c &= 0,75 \cdot 86000 \text{ N} \\ &= 64500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \varnothing V_c &= 3 \cdot 64500 \\ &= 193500 \text{ N} \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

---

136

$$V_u < \phi V_c < 3 \phi V_c$$

$$43737,9 \text{ N} < 64500 \text{ N} < 193500 \text{ N}$$

Jadi tidak perlukan tulangan geser

$$S_{\max} = d/2 = \frac{344}{2} = 172 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan  $\phi 8 - 150 \text{ mm}$



*commit to user*

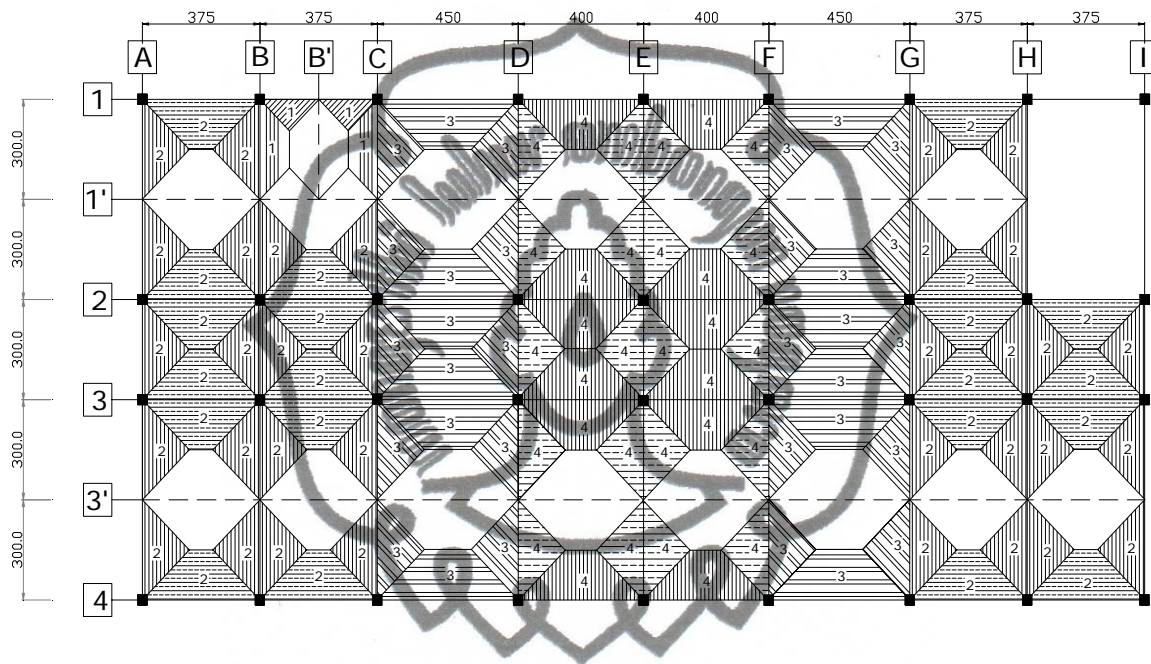


## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

### BAB 7

### PERENCANAAN PORTAL



Gambar 7.1. Denah Portal

#### 7.1. Perencanaan Portal

##### 7.1.1. Dasar perencanaan

Secara umum data yang digunakan untuk perhitungan rencana portal adalah sebagai berikut :

- Bentuk denah portal : Seperti pada gambar
- Model perhitungan : SAP 2000 ( 3 D )
- Perencanaan dimensi rangka :  $b \text{ (mm)} \times h \text{ (mm)}$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

138

Dimensi kolom	: 400 mm x 400 mm
Dimensi sloof	: 200 mm x 300 mm
Dimensi balok	: 300 mm x 500 mm
Dimensi ring balk	: 200 mm x 250 mm
d. Kedalaman pondasi	: 2 m
e. Mutu baja tulangan	: U36 ( $f_y = 360$ MPa)
f. Mutu baja sengkang	: U24 ( $f_y = 240$ MPa)

#### 7.1.2. Perencanaan pembebanan

Dalam perhitungan portal, berat sendiri balok dimasukkan dalam perhitungan (input) SAP 2000, sedangkan beberapa pembebanan yang lain adalah sebagai berikut :

##### ➤ Plat Lantai

Berat plat sendiri	$= 0,12 \times 2400 \times 1$	$= 288 \text{ kg/m}^2$
Berat keramik ( 1 cm )	$= 0,01 \times 2400 \times 1$	$= 24 \text{ kg/m}^2$
Berat Spesi ( 2 cm )	$= 0,02 \times 2100 \times 1$	$= 42 \text{ kg/m}^2$
Berat plafond + instalasi listrik		$= 25 \text{ kg/m}^2$
Berat Pasir ( 2 cm )	$= 0,02 \times 1600 \times 1$	$= 32 \text{ kg/m}^2$
	qD	$= 411 \text{ kg/m}^2$

##### ➤ Dinding

Berat sendiri dinding :  $0,15 ( 4 - 0,4 ) \times 1700 = 918 \text{ kg/m}$

##### ➤ Atap

Kuda kuda utama	$= 6543,93 \text{ kg (SAP 2000)}$
Kuda kuda trapesium	$= 13943,27 \text{ kg (SAP 2000)}$
Jurai	$= 2788,31 \text{ kg (SAP 2000)}$
Setengah Kuda-kuda	$= 2758,31 \text{ kg (SAP 2000)}$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

139

#### 7.1.3. Perhitungan luas equivalen untuk plat lantai

$$\text{Luas equivalen segitiga} : \frac{1}{3} \cdot Lx$$

$$\text{Luas equivalen trapesium} : \frac{1}{6} \cdot Lx \cdot \left( 3 - 4 \left( \frac{Lx}{2 \cdot Ly} \right)^2 \right)$$

**Tabel 7.1.** Hitungan Lebar Equivalen

No	Ukuran Pelat (m <sup>2</sup> )	Ly (m)	Lx (m)	Leq (trapezium)	Leq (segitiga)
1	1,875 x 3,0	3,0	1,875	0,82	0,625
2	3,0 x 3,75	3,75	3,0	1,18	1,00
3	4,5 x 3,0	4,5	3,0	1,28	1,00
4	3,0 x 4,0	4,0	3,0	1,22	1,00

#### 7.2. Perhitungan Pembebanan Balok

##### 7.2.1. Perhitungan Pembebanan Balok Memanjang

Pada perhitungan pembebanan balok induk, diambil salah satu perencanaan sebagai acuan penulangan portal memanjang. Perencanaan tersebut pada balok induk **As 3 (A – I)**

##### 1. Pembebanan balok element As 3 (A - B)

###### ➤ Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = (2 \times 1,18) \cdot 411 = 969,69 \text{ kg/m}$$

$$qD = 1243,29 \text{ kg/m}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

140

- Beban hidup ( $q_L$ )

$$q_L = (2 \times 1,18) \cdot 200 = 472 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= (1,2 \cdot 1243,29) + (1,6 \cdot 472) \\ &= 2247,148 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 2. Pembebanan balok element As 3 (B - C)

- Beban Mati ( $q_D$ )

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = (2 \times 1,18) \cdot 411 = 969,69 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \times (4 - 0,4) \cdot 1700 = 918 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 2161,29 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup ( $q_L$ )

$$q_L = (2 \times 1,18) \cdot 200 = 472 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= (1,2 \cdot 2161,29) + (1,6 \cdot 472) \\ &= 3348,748 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 3. Pembebanan balok element As 3 (C - D)

- Beban Mati ( $q_D$ )

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \times (4 - 0,4) \cdot 1700 = 918 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = (2 \times 1,28) \cdot 411 = 1052,16 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 2243,76 \text{ kg/m}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

141

- Beban hidup ( $q_L$ )

$$q_L = (2 \times 1,28) \cdot 200 = 512 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= (1,2 \cdot 2243,76) + (1,6 \cdot 512) \\ &= 3511,712 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 4. Pembebanan balok element As 3 (D - E)

- Beban Mati ( $q_D$ )

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \times (4 - 0,4) \cdot 1700 = 918 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = (2 \times 1,22) \cdot 411 = 1002,84 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 2194,44 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup ( $q_L$ )

$$q_L = (2 \times 1,22) \cdot 200 = 488 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= (1,2 \cdot 2194,44) + (1,6 \cdot 488) \\ &= 3414,128 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolahn 2 Lantai

142

**Tabel 7.2.** Rekapitulasi Hitungan Pembebanan Balok Memanjang

BALOK INDUK		PEMBEBANAN									
		BEBAN MATI (kg/m²)					Jumlah (berat sendiri+ber at plat lantai+berat dinding)	BEBAN HIDUP (kg/m²)			BEBAN BERFAKTOR
								beban	No.	berat sendiri	
Balok As	bentang	Leq	jumlah								
1	A-B	411.0	1.18	485	273.6	918.0	1677	200.0	1.18	236	2389.5
	B-C	411.0	1.25	514	273.6	918.0	1705	200.0	1.25	250	2446.4
	C-D	411.0	1.28	526	273.6	918.0	1718	200.0	1.28	256	2470.8
	D-E	411.0	1.22	501	273.6	918.0	1693	200.0	1.22	244	2422.0
	E-F	411.0	1.22	501	273.6	918.0	1693	200.0	1.22	244	2422.0
	F-G	411.0	1.28	526	273.6	918.0	1718	200.0	1.28	256	2470.8
	G-H	411.0	1.18	485	273.6	918.0	1677	200.0	1.18	236	2389.5
	H-I	411.0	0.00	411	273.6	918.0	1603	200.0	0.00	200	2243.1
2	A-B	411.0	2.36	970	273.6	918.0	2162	200.0	2.36	472	3349.1
	B-C	411.0	2.36	970	273.6	918.0	2162	200.0	2.36	472	3349.1
	C-D	411.0	2.56	1052	273.6	918.0	2244	200.0	2.56	512	3511.7
	D-E	411.0	2.44	1003	273.6	918.0	2194	200.0	2.44	488	3414.1
	E-F	411.0	2.44	1003	273.6	918.0	2194	200.0	2.44	488	3414.1
	F-G	411.0	2.56	1052	273.6	918.0	2244	200.0	2.56	512	3511.7
	G-H	411.0	2.36	970	273.6	918.0	2162	200.0	2.36	472	3349.1
	H-I	411.0	1.18	485	273.6	918.0	1677	200.0	1.18	236	2389.5
3	A-B	411.0	2.36	970	273.6	918.0	2162	200.0	2.36	472	3349.1
	B-C	411.0	2.36	970	273.6	918.0	2162	200.0	2.36	472	3349.1
	C-D	411.0	2.56	1052	273.6	918.0	2244	200.0	2.56	512	3511.7
	D-E	411.0	2.44	1003	273.6	918.0	2194	200.0	2.44	488	3414.1
	E-F	411.0	2.44	1003	273.6	918.0	2194	200.0	2.44	488	3414.1
	F-G	411.0	2.56	1052	273.6	918.0	2244	200.0	2.56	512	3511.7
	G-H	411.0	2.36	970	273.6	918.0	2162	200.0	2.36	472	3349.1
	H-I	411.0	2.36	970	273.6	918.0	2162	200.0	2.36	472	3349.1
4	A-B	411.0	1.18	485	273.6	918.0	1677	200.0	1.18	236	2389.5
	B-C	411.0	1.18	485	273.6	918.0	1677	200.0	1.18	236	2389.5
	C-D	411.0	1.28	526	273.6	918.0	1718	200.0	1.28	256	2470.8
	D-E	411.0	1.22	501	273.6	918.0	1693	200.0	1.22	244	2422.0
	E-F	411.0	1.22	501	273.6	918.0	1693	200.0	1.22	244	2422.0
	F-G	411.0	1.28	526	273.6	918.0	1718	200.0	1.28	256	2470.8
	G-H	411.0	1.18	485	273.6	918.0	1677	200.0	1.18	236	2389.5
	H-I	411.0	1.18	485	273.6	918.0	1677	200.0	1.18	236	2389.5

*commit to user*



### 7.2.2. Perhitungan Pembebanan Balok Melintang

Pada perhitungan pembebanan balok induk, diambil salah satu perencanaan sebagai acuan penulangan portal memanjang. Perencanaan tersebut pada balok induk As E (1 – 4).

#### 1. Pembebanan balok element As E (1 – 2)

➤ Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = ((2 \times 1) + (2 \times 1)) \times 411 = 1644 \text{ kg/m}$$

$$qD = 1917,6 \text{ kg/m}$$

➤ Beban hidup (qL)

$$qL = ((2 \times 1) + (2 \times 1)) \times 200 = 800 \text{ kg/m}$$

➤ Beban berfaktor (qU)

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= (1,2 \cdot 1917,6) + (1,6 \cdot 800) \\ &= 3581,12 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 2. Pembebanan balok element As E (2 – 3)

➤ Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = (1+1) \cdot 411 = 822 \text{ kg/m}$$

$$qD = 1095,6 \text{ kg/m}$$

➤ Beban hidup (qL)

$$qL = (1+1) \cdot 200 = 400 \text{ kg/m}$$



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

144

- Beban berfaktor ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= (1,2 \cdot 1095,6) + (1,6 \cdot 400) \\ &= 1954,72 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### 3. Pembebanan balok induk element As E (3 – 4)

- Beban Mati ( $q_D$ )

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,3 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 2400 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = ((2 \times 1) + (2 \times 1)) \times 411 = 1644 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 1917,6 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup ( $q_L$ )

$$q_L = ((2 \times 1) + (2 \times 1)) \times 200 = 800 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor ( $q_U$ )

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= (1,2 \cdot 1917,6) + (1,6 \cdot 800) \\ &= 3581,12 \text{ kg/m} \end{aligned}$$





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

145

**Tabel 7.3.** Rekapitulasi Hitungan Pembebanan Balok Melintang

BALOK INDUK		PEMBEBANAN									BEBAN BERFAKTOR
		BEBAN MATI (kg/m)					Jumlah (berat sendiri+be rat plat lantai+ber at dinding)	BEBAN HIDUP (kg/m)			
Balok		plat lantai			Berat sendiri	berat dinding		beban	No. Leq	jumlah	
As		bentang	beban	No. Leq							
A	1 – 2	411	2	822	273.6	918	2014	200	2	400	3056.3
	2 – 3	411	1	411	273.6	918	1603	200	1	200	2243.1
	3 – 4	411	2	822	273.6	918	2014	200	2	400	3056.3
B	1 – 2	411	3.82	1570	273.6	918	2762	200	3.82	764	4536.3
	2 – 3	411	2	822	273.6	918	2014	200	2	400	3056.3
	3 – 4	411	4	1644	273.6	918	2836	200	4	800	4682.7
C	1 – 2	411	3.82	1570	273.6	918	2762	200	3.82	764	4536.3
	2 – 3	411	2	822	273.6	0	1096	200	2	400	1954.7
	3 – 4	411	4	1644	273.6	0	1918	200	4	800	3581.1
D	1 – 2	411	4	1644	273.6	918	2836	200	4	800	4682.7
	2 – 3	411	2	822	273.6	0	1096	200	2	400	1954.7
	3 – 4	411	4	1644	273.6	918	2836	200	4	800	4682.7
E	1 – 2	411	4	1644	273.6	0	1918	200	4	800	3581.1
	2 – 3	411	2	822	273.6	0	1096	200	2	400	1954.7
	3 – 4	411	4	1644	273.6	0	1918	200	4	800	3581.1
F	1 – 2	411	4	1644	273.6	918	2836	200	4	800	4682.7
	2 – 3	411	2	822	273.6	0	1096	200	2	400	1954.7
	3 – 4	411	4	1644	273.6	918	2836	200	4	800	4682.7
G	1 – 2	411	4	1644	273.6	0	1918	200	4	800	3581.1
	2 – 3	411	2	822	273.6	0	1096	200	2	400	1954.7
	3 – 4	411	4	1644	273.6	0	1918	200	4	800	3581.1
H	1 – 2	411	2	822	273.6	918	2014	200	2	400	3056.3
	2 – 3	411	2	822	273.6	0	1096	200	2	400	1954.7
	3 – 4	411	4	1644	273.6	918	2836	200	4	800	4682.7
I	1 – 2	411	0	411	273.6	918	1603	200	0	200	2243.1
	2 – 3	411	1	411	273.6	918	1603	200	1	200	2243.1
	3 – 4	411	2	822	273.6	918	2014	200	2	400	3056.3

*commit to user*





### 7.2.3. Perhitungan Pembebanan Rink Balk

Beban rink balk

Beban Mati (qD)

$$\begin{aligned}\text{Beban sendiri balok} &= 0,2 \cdot 0,25 \cdot 2400 \\ &= 120 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

Beban berfaktor (qU)

$$\begin{aligned}&= 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL \\ &= 1,2 \cdot 120 + 1,6 \cdot 0 \\ &= 144 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

### 7.2.4. Perhitungan Pembebanan Sloof Memanjang

Pada perhitungan pembebanan balok induk, diambil salah satu perencanaan sebagai acuan penulangan sloof memanjang. Perencanaan tersebut pada balok induk As 3 (A – I)

#### 1. Pembebanan balok element As 3 (A - B)

➤ Beban Mati (qD)

$$\begin{aligned}\text{Beban sendiri balok} &= 0,2 \cdot 0,3 \cdot 2400 &= 144 \text{ kg/m} \\ qD &= 144 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

➤ Beban hidup (qL)

$$qL = 200 \text{ kg/m}$$

➤ Beban berfaktor (qU)

$$\begin{aligned}qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= (1,2 \cdot 144) + (1,6 \cdot 200) \\ &= 321,578 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

**Tugas Akhir**

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

147

**2. Pembebanan balok element As 3 (C - D)**

## 3. Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \times (4 - 0,3) \cdot 1700 = 943,5 \text{ kg/m}$$

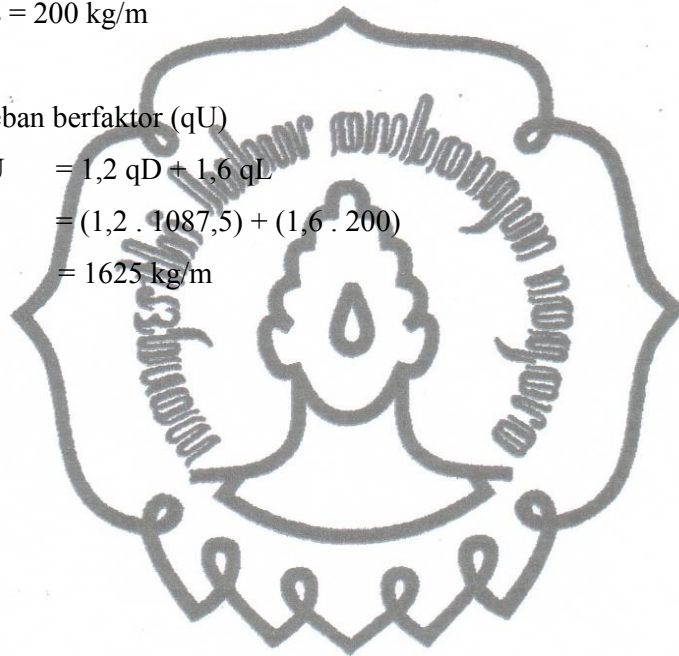
$$qD = 1087,5 \text{ kg/m}$$

## ➤ Beban hidup (qL)

$$qL = 200 \text{ kg/m}$$

## ➤ Beban berfaktor (qU)

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= (1,2 \cdot 1087,5) + (1,6 \cdot 200) \\ &= 1625 \text{ kg/m} \end{aligned}$$





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

148

**Tabel 7.4.** Rekapitulasi Hitungan Pembebanan Sloof Memanjang

Balok sloof		Pembebanan				
Sloof	Bentang	qD		Jumlah	qL	qU
		Berat dinding	Berat sendiri balok			
1	A - B	943.5	144	1087.5	200	1625
	B - C	943.5	144	1087.5	200	1625
	C - D	943.5	144	1087.5	200	1625
	D - E	943.5	144	1087.5	200	1625
	E - F	943.5	144	1087.5	200	1625
	F - G	943.5	144	1087.5	200	1625
	G - H	943.5	144	1087.5	200	1625
	H - I	943.5	144	1087.5	200	1625
2	A - B	0	144	144	200	492.8
	B - C	943.5	144	1087.5	200	1625
	C - D	943.5	144	1087.5	200	1625
	D - E	943.5	144	1087.5	200	1625
	E - F	943.5	144	1087.5	200	1625
	F - G	943.5	144	1087.5	200	1625
	G - H	943.5	144	1087.5	200	1625
	H - I	0	144	144	200	492.8
3	A - B	943.5	144	1087.5	200	1625
	B - C	943.5	144	1087.5	200	1625
	C - D	943.5	144	1087.5	200	1625
	D - E	943.5	144	1087.5	200	1625
	E - F	943.5	144	1087.5	200	1625
	F - G	943.5	144	1087.5	200	1625
	G - H	943.5	144	1087.5	200	1625
	H - I	943.5	144	1087.5	200	1625
4	A - B	943.5	144	1087.5	200	1625
	B - C	943.5	144	1087.5	200	1625
	C - D	943.5	144	1087.5	200	1625
	D - E	943.5	144	1087.5	200	1625
	E - F	943.5	144	1087.5	200	1625
	F - G	943.5	144	1087.5	200	1625
	G - H	943.5	144	1087.5	200	1625
	H - I	943.5	144	1087.5	200	1625

*commit to user*



## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

149

### 7.2.5 Perhitungan Pembebanan Sloof Melintang

Pada perhitungan pembebanan balok induk, diambil salah satu perencanaan sebagai acuan penulangan portal memanjang. Perencanaan tersebut pada balok induk As A (1 – 4).

#### 1. Pembebanan balok element As A (1 – 4)

- Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \times (4 - 0,3) \cdot 1700 = 943,5 \text{ kg/m}$$

$$qD = 1087,5 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (qL)

$$qL = 200 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor (qU)

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= (1,2 \cdot 1087,5) + (1,6 \cdot 200) \\ &= 1644,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

150

**Tabel 7.5.** Rekapitulasi Hitungan Pembebanan Sloof Melintang

Balok induk		Pembebanan				
Balok	Bentang	qD		Jumlah	qL	qU
		Berat dinding	Berat sendiri balok			
A	1 – 2	943.5	144	1087.5	200	1625
	2 – 3	943.5	144	1087.5	200	1625
	3 – 4	943.5	144	1087.5	200	1625
B	1 – 2	943.5	144	1087.5	200	1625
	2 – 3	943.5	144	1087.5	200	1625
	3 – 4	943.5	144	1087.5	200	1625
C	1 – 2	943.5	144	1087.5	200	1625
	2 – 3	0	144	144	200	492.8
	3 – 4	0	144	144	200	492.8
D	1 – 2	943.5	144	1087.5	200	1625
	2 – 3	0	144	144	200	492.8
	3 – 4	943.5	144	1087.5	200	1625
E	1 – 2	943.5	144	1087.5	200	1625
	2 – 3	0	144	144	200	492.8
	3 – 4	0	144	144	200	492.8
F	1 – 2	943.5	144	1087.5	200	1625
	2 – 3	0	144	144	200	492.8
	3 – 4	943.5	144	1087.5	200	1625
G	1 – 2	0	144	144	200	492.8
	2 – 3	0	144	144	200	492.8
	3 – 4	0	144	144	200	492.8
H	1 – 2	943.5	144	1087.5	200	1625
	2 – 3	0	144	144	200	492.8
	3 – 4	943.5	144	1087.5	200	1625
I	1 – 2	943.5	144	1087.5	200	1625
	2 – 3	943.5	144	1087.5	200	1625
	3 – 4	943.5	144	1087.5	200	1625

### 7.3. Penulangan Portal

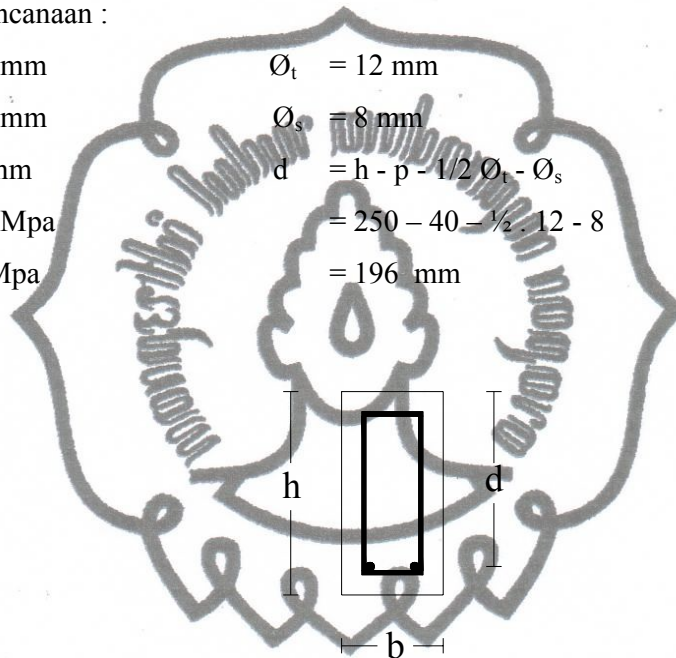
*commit to user*

**7.3.1. Penulangan Ring Balk 20/25****a. Perhitungan Tulangan Lentur**

Untuk perhitungan tulangan lentur ring balk diambil pada bentang dengan moment terbesar dari perhitungan SAP 2000.

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 h &= 250 \text{ mm} & \phi_t &= 12 \text{ mm} \\
 b &= 200 \text{ mm} & \phi_s &= 8 \text{ mm} \\
 p &= 40 \text{ mm} & d &= h - p - 1/2 \phi_t - \phi_s \\
 f_y &= 360 \text{ Mpa} & &= 250 - 40 - 1/2 \cdot 12 - 8 \\
 f'_c &= 25 \text{ Mpa} & &= 196 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 25}{360} 0,85 \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,0314
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0314 \\
 &= 0,0236
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

**Daerah Tumpuan**



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

152

Dari Perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 284 diperoleh :

$$M_u = 235,65 \text{ kgm} = 2,36 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,36 \cdot 10^6}{0,8} = 2,95 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2,95 \cdot 10^6}{200 \cdot 195,5^2} = 0,386$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,386}{360}} \right)$$

$$= 0,00108$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$  dipakai tulangan tunggal

Digunakan  $\rho_{\min} = 0,0039$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0039 \cdot 200 \cdot 196 \\ &= 152,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 12

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 12^2} = \frac{152,88}{132,665} = 1,15 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 2 \times 132,665 = 265,33$$

$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots \text{aman Ok !}$

Kontrol Spasi :

$$S = \frac{b - 2p - n \phi \text{ tulangan} - 2 \phi \text{ sengkang}}{n - 1}$$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

153

$$= \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 12 - 2 \cdot 8}{2 - 1} = 88 > 25 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

Jadi dipakai tulangan 2 D 12 mm

### Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 284 diperoleh :

$$M_u = 221,12 \text{ kgm} = 2,21 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,21 \cdot 10^6}{0,8} = 2,76 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2,76 \cdot 10^6}{200 \cdot 195,5^2} = 0,361$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,361}{360}} \right)$$

$$= 0,00101$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho_{\min} = 0,0039$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0039 \cdot 200 \cdot 195,5 \\ &= 152,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 12

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 12^2} = \frac{152,88}{132,665} = 1,15 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$A_s' = 2 \times 132,665 = 265,33$$

$A_s' > A_s$ .....aman Ok !

Kontrol Spasi :

$$S = \frac{b - 2p - n\phi \text{ tulangan} - 2\phi \text{ sengkang}}{n - 1}$$

$$= \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 12 - 2 \cdot 8}{2 - 1} = 88 > 25 \text{ mm..... OK}$$

**Jadi dipakai tulangan 2 D 12 mm**

b. Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 284 diperoleh :

$$V_u = 353,05 \text{ kg} = 3530,5 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi$$

$$= 250 - 40 - \frac{1}{2} (8)$$

$$= 195,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 195,5$$

$$= 32583,33 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 32583,33 \text{ N}$$

$$= 19550 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 19550$$

$$= 58650 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c < 3 \phi V_c$$

3241,3 N < 19550 N < 58650 N tidak perlu tulangan geser

**Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 200 mm**

*commit to user*

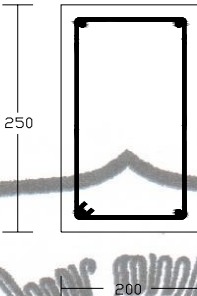
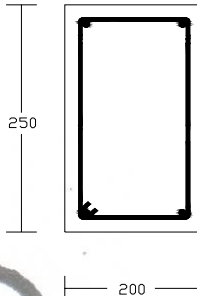


## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

155

**Tabel 7.6.** Penulangan Ring Balk Memanjang

Balok Bentang	Memanjang	
Potongan	Tumpuan	Lapangan
RING BALK		
Tulangan Pokok	2 D 12 mm	2 D 12 mm
Sengkang	Ø 8 – 200 mm	Ø 8 – 200 mm

### 7.3.3. Penulangan Balok Portal Melintang 30/50

Untuk perhitungan tulangan lentur dan tulangan geser balok, diambil momen terbesar dari perhitungan dengan SAP 2000.

#### a. Perhitungan Tulangan Lentur

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 h &= 500 \text{ mm} & \phi_t &= 19 \text{ mm} \\
 b &= 300 \text{ mm} & \phi_s &= 10 \text{ mm} \\
 p &= 40 \text{ mm} & f_y &= 360 \text{ Mpa} \\
 f'_c &= 25 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - p - \frac{1}{2} \cdot \phi_t - \phi_s \\
 &= 500 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 19 - 10 \\
 &= 440,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{360} 0,85 \left( \frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0314$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0314$$

$$= 0,0235$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,00389$$

#### Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 298 diperoleh :

$$M_u = 19872,46 \text{ kgm} = 19,87 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{19,87 \cdot 10^7}{0,8} = 24,84 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{24,84 \cdot 10^7}{300 \cdot 440,5^2} = 4,27$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 4,27}{360}} \right) \\ &= 0,0133 \end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

Digunakan  $\rho = 0,0133$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0133 \cdot 300 \cdot 440,5$$

$$= 1757,595 \text{ mm}^2$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

157

Digunakan tulangan D 19

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} = \frac{1757,595}{283,529} = 6,199 \approx 7 \text{ tulangan}$$

$$As' = 7 \times 283,529 = 1984,703 \text{ mm}^2$$

$As' > As$ .....aman (Ok !)

$$a = \frac{As' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1984,703 \cdot 360}{0,85 \cdot 25 \cdot 300} = 112,077$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ ada} &= As' \cdot f_y (d - a/2) \\ &= 1984,703 \cdot 360 (440,5 - 112,077/2) \\ &= 27,47 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$Mn \text{ ada} > Mn \rightarrow \text{Aman...!!}$

**Jadi dipakai tulangan 7 D 19 mm**

### Daerah Lapangan

Dari Perhitungan SAP 2000 pada batang no. 298 diperoleh :

$$Mu = 19546,80 \text{ kgm} = 19,54 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{19,54 \cdot 10^7}{0,8} = 24,43 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{24,43 \cdot 10^7}{300 \cdot 440,5^2} = 4,20$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 4,20}{360}} \right) \\ &= 0,013 \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

158

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

Digunakan  $\rho = 0,013$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,013 \cdot 300 \cdot 440,5 \\ &= 1717,95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 19

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} = \frac{1717,95}{283,529} = 6,059 \approx 7 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 7 \times 283,529 = 1984,703 \text{ mm}^2$$

$\text{As}' > \text{As}$  ..... aman (Ok !)

$$a = \frac{\text{As}' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1984,703 \cdot 360}{0,85 \cdot 25 \cdot 300} = 112,077$$

$$\begin{aligned} \text{Mn ada} &= \text{As}' \cdot f_y (d - a/2) \\ &= 1984,703 \cdot 360 (440,5 - 112,077/2) \\ &= 27,47 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$\text{Mn ada} > \text{Mn} \rightarrow \text{Aman...!!}$

**Jadi dipakai tulangan 7 D 19 mm**

$$\begin{aligned} \text{Cek jarak} &= \frac{b - 2p - 2\phi_s - \phi_t}{(n-1)} \\ &= \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 19}{(7-1)} \\ &= 11,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena cek jarak menghasilkan  $< 25 \text{ mm}$ , sehingga menggunakan tulangan dua lapis, dan dipakai  $d'$  baru.

$$\begin{aligned} D1 &= h - p - \phi_s - \phi_t - \frac{1}{2} \cdot \text{spasi tulangan} - \frac{1}{2} \cdot \phi_t \\ &= 500 - 40 - 10 - 19 - \frac{1}{2} \cdot 30 - 9,5 \\ &= 406,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

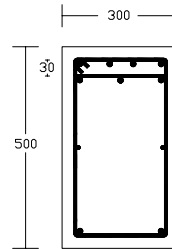
*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

159



$$\begin{aligned}
 d' \text{ baru} &= \frac{3.A.d1 + 4.A.d2}{7.A} \\
 &= \frac{3.283,529.406,5 + 4.283,529.440,5}{7.283,529} \\
 &= 425,983 \\
 M_n \text{ ada} &= A_s' \cdot f_y (d' \text{ baru} - a/2) \\
 &= 1984,703 \cdot 360 (425,983 - 112,077/2) \\
 &= 26,43 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \\
 M_n \text{ ada} &> M_n \rightarrow \text{Aman...!!}
 \end{aligned}$$

#### b. Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 298 Diperoleh :

$$V_u = 20164,55 \text{ kg} = 201645,5 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \\
 &= 500 - 40 - \frac{1}{2} (10) \\
 &= 455 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 455 \\
 &= 113750 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset V_c &= 0,6 \cdot 113750 \text{ N} \\
 &= 68250 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3 \emptyset V_c &= 3 \cdot 68250 \\
 &= 204750 \text{ N}
 \end{aligned}$$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

160

$$\phi V_c > V_u$$

$$V_u < 3 \phi V_c$$

$$68250 \text{ N} < 201645,5 \text{ N}$$

$$201645,5 \text{ N} < 204750$$

**Jadi diperlukan tulangan geser**

$$\begin{aligned} \phi V_s &= V_u - \phi V_c \\ &= 201645,5 - 68250 \\ &= 133395,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6} = \frac{133395,5}{0,6} = 222325,83 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (10)^2 \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 100 = 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{157 \cdot 3600 \cdot 455}{222325,83} = 115,67 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max}} = h/2 = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

**Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 100 mm**

**Tabel 7.7.** Penulangan Balok Melintang

Balok Bentang	Melintang	
Potongan	Tumpuan	Lapangan
BALOK		
Tulangan Pokok	7 D 19 mm	7 D 19 mm
Sengkang	Ø 10 – 250 mm	Ø 10 – 250 mm
Tulangan Pembagi	2 D 10	2 D 10

*commit to user*

**7.3.4. Penulangan Balok Portal Memanjang 30/50**

Untuk perhitungan tulangan lentur dan tulangan geser balok, diambil momen terbesar dari perhitungan dengan SAP 2000.

**a. Perhitungan Tulangan Lentur**

Data perencanaan :

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$p = 40 \text{ mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \cdot \phi_t - \phi_s \\ &= 500 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 19 - 10 \\ &= 440,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\phi_t = 19 \text{ mm}$$

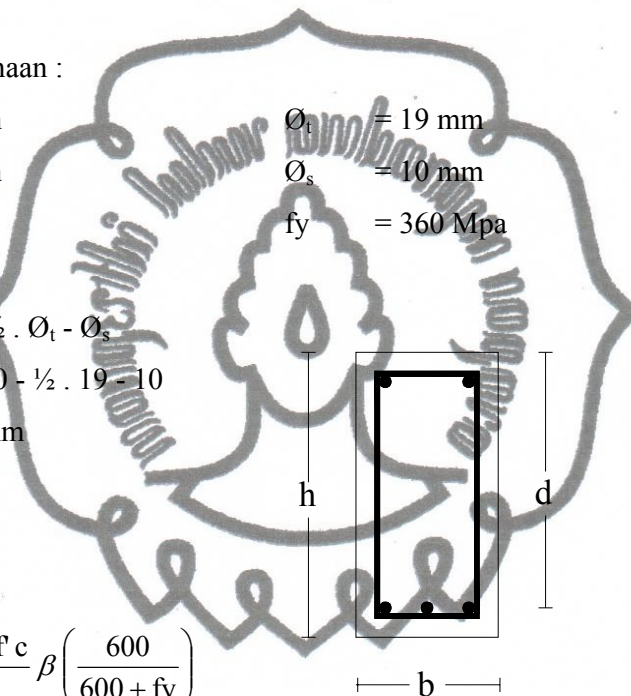
$$\phi_s = 10 \text{ mm}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{360} 0,85 \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0314 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0314 \\ &= 0,0235 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,00389$$





## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

162

### Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 178 diperoleh :

$$M_u = 5657,00 \text{ kgm} = 5,657 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5,657 \cdot 10^7}{0,8} = 7,07 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{7,07 \cdot 10^7}{300 \cdot 440,5^2} = 1,21$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 1,21}{360}} \right)$$

$$= 0,00346$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

Digunakan  $\rho_{\min} = 0,00389$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00389 \cdot 300 \cdot 440,5 \\ &= 580,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 19

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} = \frac{580,98}{283,529} = 2,049 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$A_s' = 3 \times 283,529 = 850,587 \text{ mm}^2$$

$A_s' > A_s$ .....aman (Ok !)

$$a = \frac{A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{850,587 \cdot 360}{0,85 \cdot 25 \cdot 300} = 48,033$$

$$M_n \text{ ada} = A_s' \cdot f_y (d - a/2)$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

163

$$= 850,587.360 (440,5 - 48,033/2)$$

$$= 12,75.10^7 \text{ Nmm}$$

$M_n \text{ ada} > M_n \rightarrow \text{Aman..!!}$

**Jadi dipakai tulangan 3 D 19 mm**

### Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 178 diperoleh :

$$M_u = 5434,90 \text{ kgm} = 5,435.10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5,435.10^7}{0,8} = 6,79.10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{6,79.10^7}{300.440,5^2} = 1,17$$

$$m = \frac{f_y}{0,85.f_c} = \frac{360}{0,85.25} = 16,94$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.16,94.1,17}{360}} \right)$$

$$= 0,00334$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

Digunakan  $\rho_{\min} = 0,00389$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00389 \cdot 300 \cdot 440,5 \\ &= 580,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 19

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi . 19^2} = \frac{580,98}{283,529} = 2,049 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 3 \times 283,529 = 850,587 \text{ mm}^2$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

164

$As' > As$ .....aman (Ok !)

$$a = \frac{As' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{850,587 \cdot 360}{0,85 \cdot 25 \cdot 300} = 48,033$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ ada} &= As' \cdot f_y (d - a/2) \\ &= 850,587 \cdot 360 (440,5 - 48,033/2) \\ &= 12,75 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$Mn \text{ ada} > Mn \rightarrow \text{Aman...!!}$

**Jadi dipakai tulangan 3 D 19 mm**

$$\begin{aligned} \text{Cek jarak} &= \frac{b - 2p - 2\phi_s - \phi_t}{(n-1)} \\ &= \frac{300 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 10 - 3 \cdot 19}{(3-1)} \\ &= 71,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena cek jarak menghasilkan  $> 25 \text{ mm}$ , sehingga menggunakan tulangan satu lapis

b. Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 178 Diperoleh :

$$Vu = 7951,36 \text{ kg} = 79513,6 \text{ N}$$

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 500 - 40 - \frac{1}{2} (10) \\ &= 455 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vc &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 455 \\ &= 113750 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi Vc &= 0,6 \cdot 113750 \text{ N} \\ &= 68250 \text{ N} \end{aligned}$$

$$3 \phi Vc = 3 \cdot 68250$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

165

$$= 204750 \text{ N}$$

$$\phi V_c < V_u < 3 \phi V_c$$

$$68250 < 79513,6 < 204750$$

**Jadi diperlukan tulangan geser**

$$\begin{aligned} \phi V_s &= V_u - \phi V_c \\ &= 79513,6 - 68250 \\ &= 11263,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6} = \frac{11263,6}{0,6} = 18772,67 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (10)^2 \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 100 = 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{157 \cdot 360 \cdot 455}{18772,67} = 1339,79 \text{ mm} \approx 110 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max}} = h/2 = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

**Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 250 mm**

**Tabel 7.8. Penulangan Balok Memanjang**

Balok Bentang `	Memanjang	
Potongan	Tumpuan	Lapangan
BALOK		
Tulangan Pokok	3 D 19 mm	3 D 19 mm
Sengkang	Ø 8 – 250 mm	Ø 8 – 250 mm
Tulangan Pembagi	2 D 10	2 D 10

### 7.3.8. Penulangan Kolom

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

166

#### a. Perhitungan Tulangan Lentur

Untuk contoh perhitungan tulangan lentur kolom diambil momen terbesar dari perhitungan SAP 2000 pada batang no. 68.

Data perencanaan :

$$\begin{aligned} b &= 400 \text{ mm} & \text{Ø tulangan} &= 16 \text{ mm} \\ h &= 400 \text{ mm} & \text{Ø sengkang} &= 10 \text{ mm} \\ f'_c &= 25 \text{ Mpa} & s \text{ (tebal selimut)} &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$P_u = 38813,25 \text{ kg} = 388132,5 \text{ N}$$

$$M_u = 8732,79 \text{ kgm} = 8,733 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8,733 \cdot 10^5}{0,8} = 10,916 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

$$P_{n_{\text{perlu}}} = \frac{P_u}{\phi} = \frac{388132,5}{0,65} = 597126,9231 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} d &= h - s - \frac{1}{2} \text{Ø } t - \text{Ø } s \\ &= 400 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 16 - 10 \\ &= 342 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h - d \\ &= 400 - 342 \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$e = \frac{M_u}{P_{n_{\text{perlu}}}} = \frac{8,733 \cdot 10^5}{597126,9231} = 1,463 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} e_{\text{min}} &= 0,1 \cdot h \\ &= 0,1 \cdot 400 \\ &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_b &= \frac{600}{600 + f_y} d \\ &= \frac{600}{600 + 360} \cdot 342 \end{aligned}$$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

167

$$= 213,75$$

$$ab = \beta_1 \cdot cb$$

$$= 0,85 \cdot 213,75$$

$$= 181,6875$$

$$Pn_b = 0,85 \cdot f'_c \cdot ab \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 25 \cdot 181,6875 \cdot 400$$

$$= 1544343,75 \text{ N}$$

$$0,1 \times f'_c \times Ag = 0,1 \times 25 \times 400 \times 400 = 40.10^4 \text{ N}$$

→ karena  $P_u = 388132,5 \text{ N} < 0,1 \times f'_c \times Ag$ , maka  $\phi = 0,65$

$$Pn_{\text{perlu}} = \frac{P_u}{\phi} = \frac{388132,5}{0,65} = 597126,9231 \text{ N}$$

$Pn_{\text{perlu}} < Pn_b \rightarrow$  analisis keruntuhan tarik

$$a = \frac{Pn}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{597126,9231}{0,85 \cdot 25 \cdot 400} = 70,250$$

$$As = \frac{Pn_{\text{perlu}} \left( \frac{h}{2} - e - \frac{a}{2} \right)}{f_y (d - d')} = \frac{597126,9231 \cdot \left( \frac{400}{2} - 40 - \frac{70,250}{2} \right)}{360 (342 - 58)} = 729,325 \text{ mm}^2$$

Luas memanjang minimum :

$$As_t = 1 \% Ag = 0,01 \cdot 400 \cdot 400 = 1600 \text{ mm}^2$$

Sehingga,  $As = As'$

$$As = \frac{As_t}{2} = \frac{1600}{2} = 800 \text{ mm}^2$$

Menghitung jumlah tulangan :

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D)^2} = \frac{800}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16)^2} = 3,98 \approx 4 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{ada}} &= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 804,248 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$As_{\text{ada}} > As_{\text{perlu}}$ ..... Ok!

**Jadi dipakai tulangan 4 D 16**

b. Perhitungan Tulangan geser

Dari perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 5 diperoleh :

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

168

$$V_u = 749,00 \text{ kg} = 7490,0 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 400 - 40 - \frac{1}{2} (10) \\ &= 355 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 355 \\ &= 118333,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing V_c &= 0,6 \cdot V_c \\ &= 0,6 \cdot 118333,33 \\ &= 71000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \varnothing V_c &= 3 \cdot \varnothing V_c \\ &= 3 \cdot 71000 \\ &= 213000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < \varnothing V_c < 3 \varnothing V_c$$

$$7490,0 \text{ N} < 71000 \text{ N} < 213000 \text{ N} \quad \text{tidak perlu tulangan geser}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan  $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

**Tabel 7.9.** Penulangan Kolom

KOLOM		
	Tulangan Pokok	4 D 16 mm
	Sengkang	$\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

*commit to user*

**7.3.9. Penulangan Sloof Melintang 20/30****a. Perhitungan Tulangan Lentur**

Untuk perhitungan tulangan lentur sloof diambil pada bentang dengan moment terbesar dari perhitungan SAP 2000.

Data perencanaan :

$h = 300 \text{ mm}$	$\phi_t = 16 \text{ mm}$
$b = 200 \text{ mm}$	$\phi_s = 8 \text{ mm}$
$p = 40 \text{ mm}$	$d = h - p - 1/2 \phi_t - \phi_s$
$f_y = 360 \text{ Mpa}$	$= 300 - 40 - 1/2 \cdot 16 - 8$
$f'_c = 25 \text{ Mpa}$	$= 244 \text{ mm}$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{360} 0,85 \left( \frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0314$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0314$$

$$= 0,0236$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

**Daerah Tumpuan**

Dari Perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 141 diperoleh :

$$M_u = 4818,92 \text{ kgm} = 4,819 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

170

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,819 \cdot 10^7}{0,8} = 6,024 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{6,024 \cdot 10^7}{200 \cdot 244^2} = 5,059$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 5,059}{360}} \right)$$

$$= 0,0163$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho = 0,0163$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0163 \cdot 200 \cdot 244 \\ &= 795,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 16

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2} = \frac{795,44}{201,062} = 3,96 \approx 4 \text{ tulangan}$$

$$A_s' = 5 \times 201,062 = 1005,31$$

$$A_s' > A_s \dots \dots \dots \text{aman Ok !}$$

**Jadi dipakai tulangan 4 D 16 mm**

### Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 141 diperoleh :

$$M_u = 4810,14 \text{ kgm} = 4,810 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,810 \cdot 10^7}{0,8} = 6,013 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

171

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{6,013 \cdot 10^7}{200 \cdot 244^2} = 5,050$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 5,050}{360}} \right)$$

$$= 0,0163$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho = 0,0163$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0163 \cdot 200 \cdot 244 \\ &= 795,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 16

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2} = \frac{795,44}{201,062} = 3,96 \approx 4 \text{ tulangan}$$

$$A_s' = 5 \times 201,062 = 1005,31$$

$$A_s' > A_s \dots \dots \dots \text{aman Ok !}$$

$$a = \frac{A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1005,31 \cdot 360}{0,85 \cdot 25 \cdot 200} = 85,16$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ ada} &= A_s' \cdot f_y (d - a/2) \\ &= 1005,31 \cdot 360 (244 - 85,16/2) \\ &= 7,289 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n \text{ ada} > M_n \rightarrow \text{Aman..!!}$$

**Jadi dipakai tulangan 4 D 16 mm**

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2 p - 2 \phi_s - \phi_t}{(n - 1)}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

172

$$= \frac{200 - 2.40 - 2.8 - 5.16}{(5-1)}$$

$$= 6 \text{ mm}$$

Karena cek jarak menghasilkan  $< 25 \text{ mm}$ , sehingga menggunakan tulangan dua lapis, dan dipakai  $d'$ .

$$\begin{aligned} d1 &= h - p - \phi_s - \phi_t - \frac{1}{2} \text{ spasi tulangan} - \frac{1}{2} \phi_t \\ &= 300 - 40 - 8 - 16 - \frac{1}{2} \cdot 30 - 8 \\ &= 213 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' \text{ baru} &= \frac{2.A.d1 + 3.A.d2}{5.A} \\ &= \frac{2.201,062.213 + 3.201,062.244}{5.201,062} \\ &= 231,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ ada} &= A_s' \cdot f_y (d' - a/2) \\ &= 804,248 \cdot 360 (221 - 68,12/2) \\ &= 5,41 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$M_n \text{ ada} > M_n \rightarrow \text{Aman..!!}$

**Jadi dipakai tulangan 4 D 16 mm**

#### b. Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 141 diperoleh :

$$V_u = 4876,46 \text{ kg} = 48764,6 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 300 - 40 - \frac{1}{2} (8) \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

173

$$= 256 \text{ mm}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 256$$

$$= 42666,67 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 42666,67 \text{ N}$$

$$= 25600 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 25600$$

$$= 76800 \text{ N}$$

$$\phi V_c < V_u < 3 \phi V_c$$

$$25600 \text{ N} < 48764,6 \text{ N} < 76800 \text{ N}$$

Jadi diperlukan tulangan geser

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$= 48764,6 - 25600$$

$$= 23164,6 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6} = \frac{23164,6}{0,6} = 38607,667 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (8)^2$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,48 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{100,48 \cdot 360 \cdot 245,5}{38607,667} = 230,017 \approx 200 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max}} = d/2 = \frac{256}{2} = 128 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 200 mm

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

174

**Tabel 7.10.** Penulangan Sloof

Balok Bentang `	Melintang	
Potongan	Tumpuan	Lapangan
SLOOF		
Tulangan Pokok	4 D 16 mm	4 D 16 mm
Sengkang	Ø 8 – 200 mm	Ø 8 – 200 mm
Tulangan Pembagi	2 D 8	2 D 8

#### 7.3.10. Penulangan Sloof Memanjang 20/30

##### a. Perhitungan Tulangan Lentur

Untuk perhitungan tulangan lentur sloof diambil pada bentang dengan moment terbesar dari perhitungan SAP 2000.

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 h &= 300 \text{ mm} & \phi_t &= 16 \text{ mm} \\
 b &= 200 \text{ mm} & \phi_s &= 8 \text{ mm} \\
 p &= 40 \text{ mm} & d &= h - p - 1/2 \phi_t - \phi_s \\
 f_y &= 360 \text{ Mpa} & &= 300 - 40 - 1/2 \cdot 16 - 8 \\
 f'_c &= 25 \text{ Mpa} & &= 244 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

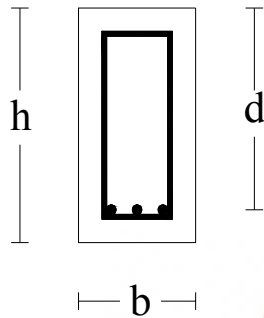
*commit to user*



## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

175



$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{360} 0,85 \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0314\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0314 \\ &= 0,0236\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

### Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 114 diperoleh :

$$M_u = 2730,81 \text{ kgm} = 2,731 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,731 \cdot 10^7}{0,8} = 3,414 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{3,414 \cdot 10^7}{200 \cdot 244^2} = 2,867$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

176

$$= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 2,867}{360}} \right)$$

$$= 0,00859$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho = 0,00859$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00859 \cdot 200 \cdot 244 \\ &= 419,192 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan D 16}$$

$$n = \frac{\text{As perlu} = 419,192}{\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2} = \frac{419,192}{201,062} = 2,08 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 3 \times 201,062 = 603,186$$

$$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots \text{aman Ok !}$$

**Jadi dipakai tulangan 3 D 16 mm**

### Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 114 diperoleh :

$$\text{Mu} = 2712,62 \text{ kgm} = 2,713 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{2,713 \cdot 10^7}{0,8} = 3,391 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot d^2} = \frac{3,391 \cdot 10^7}{200 \cdot 244^2} = 2,848$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot \text{Rn}}{f_y}} \right)$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

177

$$= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 2,848}{360}} \right)$$

$$= 0,00853$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$  dipakai tulangan tunggal

Digunakan  $\rho = 0,00853$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00853 \cdot 200 \cdot 244 \\ &= 416,264 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D 13

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2} = \frac{416,264}{201,062} = 2,07 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 3 \times 201,062 = 603,186$$

$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots$  aman Ok !

**Jadi dipakai tulangan 3 D 16 mm**

$$\begin{aligned} \text{Cek jarak} &= \frac{b - 2p - 2\phi_s - \phi_t}{(n-1)} \\ &= \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 3 \cdot 16}{(3-1)} \\ &= 28 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena cek jarak menghasilkan  $> 25 \text{ mm}$ , sehingga menggunakan tulangan satu lapis.

#### c. Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** pada batang no. 114 diperoleh :

$$V_u = 3660,28 \text{ kg} = 36602,8 \text{ N}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolahan 2 Lantai

178

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 300 - 40 - \frac{1}{2} (8) \\ &= 256 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 256 \\ &= 42666,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0,6 \cdot 42666,67 \text{ N} \\ &= 25600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \emptyset V_c &= 3 \cdot 25600 \\ &= 76800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_c < V_u < 3 \emptyset V_c$$

$$25600 \text{ N} < 36602,8 \text{ N} < 76800 \text{ N}$$

Jadi diperlukan tulangan geser

$$\begin{aligned} \emptyset V_s &= V_u - \emptyset V_c \\ &= 36602,8 - 25600 \\ &= 11002,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\emptyset V_s}{0,6} = \frac{11002,8}{0,6} = 18338 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (8)^2 \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{100,48 \cdot 360 \cdot 244}{18338} = 481,30 \approx 200 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max}} = d/2 = \frac{244}{2} = 122 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

**Jadi dipakai sengkang dengan tulangan  $\emptyset 8 - 200 \text{ mm}$**

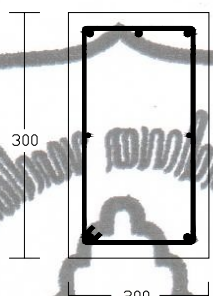
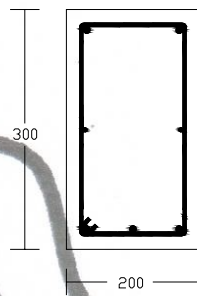


## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

179

**Tabel 7.11.** Penulangan Sloof

Balok Bentang `	Memanjang	
Potongan	Tumpuan	Lapangan
SLOOF		
Tulangan Pokok	<b>3 D 16 mm</b>	<b>3 D 16 mm</b>
Sengkang	<b>Ø 8 – 200 mm</b>	<b>Ø 8 – 200 mm</b>
Tulangan Pembagi	<b>2 D 8</b>	<b>2 D 8</b>

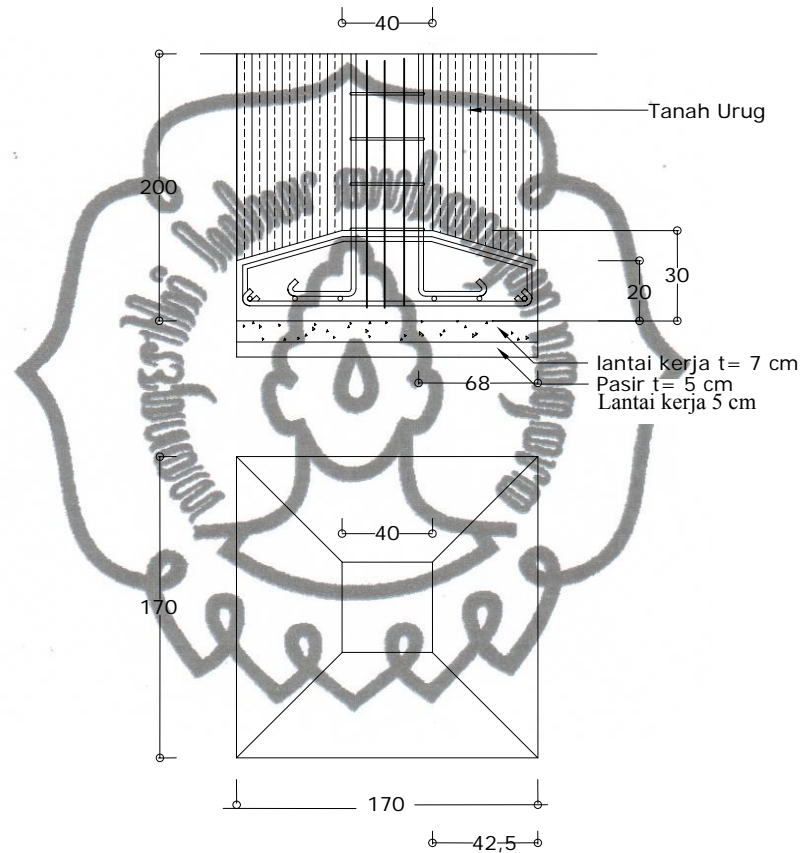
*commit to user*



## BAB 8

### PONDASI

#### 8.1. Data Perencanaan



Gambar 8.1. Perencanaan Pondasi

Dari perhitungan SAP 2000 pada Frame 19 diperoleh :

- $P_u = 49523,66$  kg
- $M_u = 229,05$  kgm

Dimensi Pondasi :

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\sigma_{\text{tanah}} = \frac{P_u}{A}$$

$$A = \frac{P_u}{\sigma_{\text{tanah}}} = \frac{49523,66}{17500}$$

$$= 2,83 \text{ m}^2$$

$$B = L = \sqrt{A} = \sqrt{2,83}$$

$$= 1,68 \text{ m} \sim 1,7 \text{ m}$$

Direncanakan pondasi telapak dengan kedalaman 2,0 m ukuran 1,75 m × 1,75 m

- $f'_c$  = 25 Mpa
- $f_y$  = 360 Mpa
- $\sigma_{\text{tanah}}$  =  $1,75 \text{ kg/cm}^2 = 17500 \text{ kg/m}^2$
- $\gamma_{\text{tanah}}$  =  $1,7 \text{ t/m}^3 = 1700 \text{ kg/m}^3$
- $\gamma_{\text{beton}}$  =  $2,4 \text{ t/m}^3$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul. utama}}$$

$$= 300 - 50 - 8$$

$$= 242 \text{ mm}$$

## 8.2. Perencanaan Kapasitas Dukung Pondasi

### 8.2.1. Perhitungan kapasitas dukung pondasi

#### ➤ Pembebanan pondasi

$$\text{Berat telapak pondasi} = 1,75 \times 1,75 \times 0,30 \times 2400 = 2205 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kolom pondasi} = 0,4 \times 0,4 \times 2 \times 2400 = 768 \text{ kg}$$

$$\text{Berat tanah} = ((1,75^2 \times 1,75) - (0,40^2 \times 1,75)) \times 1700 = 8634,94 \text{ kg}$$

$$P_u = 49523,66 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 61131,6 \text{ kg}$$

$$e = \frac{\Sigma M_u}{\Sigma P} = \frac{229,05}{61131,6}$$

$$= 0,00375 \text{ kg} < 1/6. B = 0,29$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{yang terjadi}} &= \frac{\sum P}{A} + \frac{M_u}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot L^2} \\
 &= \frac{61131,6}{2,83 \times 2,83} + \frac{229,05}{\frac{1}{6} \times 1,75 \times (1,75)^2} \\
 &= 7889,89 \text{ kg/m}^2 \\
 &= \sigma_{\text{tanah yang terjadi}} < \sigma_{\text{ijin tanah}} \dots \dots \dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

#### 8.2.2. Perhitungan Tulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{2} \cdot \sigma \cdot t^2 = \frac{1}{2} \times (7889,89) \times (0,675)^2 \\
 &= 1797,42 \text{ kgm} = 1,7974 \times 10^7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{1,7974 \times 10^7}{0,8} = 2,247 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \times 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \beta \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 25}{360} 0,85 \left( \frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,031
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,031 \\
 &= 0,02
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{0,55 \times 10^7}{1250 \times (242)^2} = 0,075$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,94 \times 0,075}{360}} \right)\end{aligned}$$

$$\rho = 0,0021$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

$\rho < \rho_{\min} \rightarrow$  dipakai tulangan tunggal

$$\text{Digunakan } \rho_{\min} = 0,0039$$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0039 \times 1250 \times 242 \\ &= 1179,75 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tul D 16} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (16)^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{1179,75}{200,96} = 5,87 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

dipakai tulangan D 16 - 150 mm

$$\text{As yang timbul} = 6 \times 200,96 = 1205,76 > \text{As} \dots \dots \dots \text{ok!}$$

Maka, digunakan tulangan **D 16 - 150 mm**



## *Tugas Akhir*

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

### **BAB 9**

## **RENCANA ANGGARAN BIAYA**

### **9.1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah tolak ukur dalam perencanaan pembangunan, baik rumah tinggal, ruko, swalayan, maupun gedung lainnya. Dengan RAB kita dapat mengukur kemampuan materi dan mengetahui jenis-jenis material dalam pembangunan, sehingga biaya yang kita keluarkan lebih terarah dan sesuai dengan yang telah direncanakan.

### **9.2. Data Perencanaan**

Secara umum data yang digunakan untuk perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) adalah sebagai berikut :

- a. Analisa pekerjaan : Daftar analisa pekerjaan proyek kabupaten Sukoharjo
- b. Harga upah & bahan : Dinas Pekerjaan Umum Kota Surakarta
- c. Harga satuan : terlampir

### **9.3. Perhitungan Volume**

#### 9.3.1 Pekerjaan Pendahuluan

- A. Pekerjaan pembersihan lokasi

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 32 \times 15 = 480 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- B. Pekerjaan pembuatan pagar setinggi 2m

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \sum \text{panjang} \\ &= 102 \text{ m}\end{aligned}$$



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

185

#### C. Pekerjaan pembuatan bedeng dan gudang

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= (3 \times 4) + (3 \times 3) = 21 \text{ m}^2\end{aligned}$$

#### D. Pekerjaan *bouwplank*

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{panjang} \times 2) \times (\text{lebar} \times 2) \\ &= (32 \times 2) + (15 \times 2) = 92 \text{ m}^2\end{aligned}$$

### 9.3.2 Pekerjaan Pondasi

#### A. Galian pondasi

##### ➤ Footplat

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \sum n \\ &= (1,25 \times 1,25 \times 2) \times 50 = 156,25 \text{ m}^3\end{aligned}$$

##### ➤ Pondasi batu kali

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \sum \text{panjang} \\ &= (0,8 \times 0,7) \times 236,75 = 132,58 \text{ m}^3\end{aligned}$$

##### ➤ Pondasi tangga

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \sum \text{panjang} \\ &= (1,5 \times 1,25) \times 1,5 = 2,81 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### B. Urugan Pasir bawah Pondasi dan bawah lantai ( $t = 5\text{cm}$ )

##### ➤ Footplat

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \sum n \\ &= (1,25 \times 1,25 \times 0,05) \times 50 = 3,906 \text{ m}^3\end{aligned}$$

##### ➤ Pondasi batu kali

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \sum \text{panjang} \\ &= (0,8 \times 0,05) \times 236,75 = 9,47 \text{ m}^3\end{aligned}$$

##### ➤ Pondasi tangga

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \sum \text{panjang} \\ &= (1,25 \times 0,05) \times 1,5 = 0,09375 \text{ m}^3\end{aligned}$$

##### ➤ Lantai

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{tinggi} \times \text{luas lantai} \\ &= 0,05 \times 892,5 = 44,625 \text{ m}^2\end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

186

#### C. Urugan Tanah Galian

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= V.\text{tanah galian} - \text{batukali} - \text{lantai kerja} - \text{pasir urug} \\
 &= (156,25 + 132,58 + 2,81) - 71,025 - (2,34 + 5,682) - \\
 &\quad (3,906 + 9,47 + 0,09375) \\
 &= 199,12325 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### D. Pondasi telapak (*footplat*)

Footplat

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \sum n \\
 &= \{ (1,25 \times 1,25 \times 0,3) + (0,4 \times 0,4 \times 2) + (2,1/2 \times 1,0 \times 2) \} \times 50 \\
 &= 49,4375 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Footplat tangga

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= \{ (1,25 \times 1,0 \times 25) + (0,4 \times 1,25 \times 0,75) + (2,1/2 \times 1,0 \times 1) \} \\
 &= 0,80 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### 9.3.3 Pekerjaan Beton

##### A. Beton *Sloof*

*sloof*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= (\text{panjang} \times \text{lebar}) \times \sum \text{panjang} \\
 &= (0,2 \times 0,3) \times 236,75 = 14,205 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

##### B. Balok induk 30/50

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= (\text{tinggi} \times \text{lebar} \times \text{panjang}) \\
 &= (0,5 \times 0,3 \times 276) = 41,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

##### C. Balok anak 30/40

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= (\text{tinggi} \times \text{lebar} \times \text{panjang}) \\
 &= (0,30 \times 0,40 \times 67) = 8,04 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

##### D. Kolom utama

Kolom 40/40

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1} &= (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) \\
 &= (0,4 \times 0,4 \times 4) \times 52 = 33,28 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 2} &= (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) \\
 &= (0,4 \times 0,4 \times 4) \times 22 = 14,08 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

187

$$\text{Total volume} = 33,28 + 14,08 = 47,36 \text{ m}^3$$

#### E. Ringbalk

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (\text{tinggi} \times \text{lebar}) \times \sum \text{panjang} \\ &= (0,2 \times 0,25) \times 94 = 4,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### F. Plat lantai (t=12cm)

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{luas lantai} \times \text{tebal} \\ &= 457,5 \times 0,12 = 54,90 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### G. Balok praktis 15/15

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (\text{tinggi} \times \text{lebar}) \times \sum \text{panjang} \\ &= (0,15 \times 0,15) \times 425 = 9,5625 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### H. Tangga

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= ((\text{luas plat tangga} \times \text{tebal}) \times 2) + \text{plat bordes} \\ &= (5 \times 0,12) \times 2 + (3,75 \times 0,15) \\ &= 2,0625 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 9.3.4 Pekerjaan pemasangan Bata merah dan Pemlesteran

#### A. Pasangan pondasi batu kosong

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \sum \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 236,75 \times 0,8 \times 0,15 = 28,41 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### B. Pasangan pondasi batu kali

$$\text{Volume} = (0,3 + 0,7) \times 0,5 \times 0,6 \times 236,75 = 71,025 \text{ m}^3$$

#### C. Pasangan dinding bata merah

$$\begin{aligned} \text{Luas dinding} &= (216,5 \times 4) + (203 \times 4) \\ &= 1678 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{Luas dinding} - \text{luas pintu jendela} \\ &= 1678 - 108,4764 = 1569,5236 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### D. Pemlesteran dan pengacian

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{volume dinding bata merah} \times 2 \text{ sisi} \\ &= 1569,5236 \times 2 = 3139,0472 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

*commit to user*





## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

188

#### E. Lantai kerja ( $t=5$ cm)

##### ➤ Footplat

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \sum n \\ &= (1,25 \times 1,25 \times 0,05) \times 50 = 3,906 \text{ m}^3\end{aligned}$$

##### ➤ Pondasi batu kali

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{lebar} \times \text{tinggi}) \times \sum \text{panjang} \\ &= (0,8 \times 0,05) \times 236,75 = 9,47 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### 9.3.5. Pekerjaan Pemasangan Kusen dan Pintu

##### A. Pemasangan kusen dan Pintu

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= P1 + P2 + J1 + J2 + BV1 \\ &= 0,3168 + 1,44 + 2,98 + 0,6969 + 0,1129 \\ &= 5,55 \text{ m}^3\end{aligned}$$

##### B. Pemasangan daun pintu dan jendela

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= P2 \\ &= 1,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

##### C. Pasang kaca polos ( $t=5$ mm)

$$\begin{aligned}\text{Luas tipe P1} &= (2 \times 3) = 6 \text{ m}^2 \\ J1 &= (0,5 \times 1,225) \times 74 = 45,325 \text{ m}^2 \\ J2 &= (0,5 \times 0,6) \times 8 = 2,4 \text{ m}^2 \\ BV1 &= (0,6 \times 0,28) \times 7 = 1,176 \text{ m}^2\end{aligned}$$

#### 9.3.6. Pekerjaan Atap

##### A. Pekerjaan kuda kuda

##### ➤ Setengah kuda-kuda (doble siku 45.45.5)

$$\sum \text{panjang profil under} = 7,5 \text{ m}$$

$$\sum \text{panjang profil tarik} = 8,66 \text{ m}$$

$$\sum \text{panjang profil kaki kuda-kuda} = 10,83 \text{ m}$$

$$\sum \text{panjang profil sokong} = 8,78 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 35,76 \times 2 = 71,52 \text{ m}$$

##### ➤ Jurai kuda-kuda (doble siku 45.45.5)

$$\sum \text{panjang profil under} = 10,61 \text{ m}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

$$\Sigma \text{panjang profil tarik} = 11,46 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{panjang profil kaki kuda-kuda} = 10,804 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{panjang profil sokong} = 10,48 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \Sigma \text{panjang} \times \Sigma n \\ &= 43,35 \times 4 = 173,4 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kuda – kuda Trapesium (doble siku 90.90.9)

$$\Sigma \text{panjang profil under} = 15 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{panjang profil tarik} = 16,6 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{panjang profil kaki kuda-kuda} = 13 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{panjang profil sokong} = 15,79 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \Sigma \text{panjang} \times \Sigma n \\ &= 60,39 \times 2 = 120,78 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kuda-kuda utama (doble siku 70.70.7)

$$\Sigma \text{panjang profil under} = 15 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{panjang profil tarik} = 17,32 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{panjang profil kaki kuda-kuda} = 17,32 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{panjang profil sokong} = 17,56 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \Sigma \text{panjang} \times \Sigma n \\ &= 67,2 \times 5 = 336 \text{ m} \end{aligned}$$

- Gording (220.80.9.12,5)

$$\Sigma \text{panjang profil gording} = 192 \text{ m}$$

- B. Pekerjaan pasang kaso 5/7 dan reng 3/4

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{luas atap} \\ &= 424,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- C. Pekerjaan pasang Listplank

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \Sigma \text{keliling atap} \\ &= 110 \text{ m} \end{aligned}$$

- D. Pekerjaan pasang genting

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{luas atap} \\ &= 424,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

190

#### E. Pasang kerpus

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \sum \text{panjang} \\ &= 108,66 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 9.3.7. Pekerjaan Plafon

##### A. Pembuatan dan pemasangan rangka plafon

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{panjang} \times \text{lebar}) \times 2 \\ &= (32 \times 15 \times 2) = 960 \text{ m}^2\end{aligned}$$

##### B. Pasang plafon

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{luas rangka plafon} \\ &= 960 \text{ m}^2\end{aligned}$$

#### 9.3.8. Pekerjaan keramik

##### A. Pasang keramik 40/40

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{luas lantai} \\ &= 960 - (78,75) \\ &= 881,25 \text{ m}^2\end{aligned}$$

##### B. Pasang keramik 20/20

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{luas lantai} \\ &= 78,75 \text{ m}^2\end{aligned}$$

#### 9.3.9. Pekerjaan sanitasi

##### A. Pasang kloset duduk

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \sum n \\ &= 4 \text{ unit}\end{aligned}$$

##### B. Pasang wastafel

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \sum n \\ &= 8 \text{ unit}\end{aligned}$$

##### C. Pasang floordrain

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \sum n \\ &= 16 \text{ unit}\end{aligned}$$

*commit to user*



## Tugas Akhir

### Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

191

#### 9.3.10. Pekerjaan instalasi air

- A. Pekerjaan pengeboran titik air

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \sum n \\ &= 1 \text{ unit}\end{aligned}$$

- B. Pekerjaan saluran pembuangan

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \sum \text{panjang pipa} \\ &= 26 \text{ m}\end{aligned}$$

- C. Pekerjaan saluran air bersih

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \sum \text{panjang pipa} \\ &= 33 \text{ m}\end{aligned}$$

- D. Pekerjaan pembuatan septictank dan rembesan

$$\begin{aligned}\text{Galian tanah} &= \text{septictank} + \text{rembesan} \\ &= (2,35 \times 1,85) \times 2 + (0,3 \times 1,5 \times 1,25) \\ &= 9,2575 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pemasangan bata merah

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \sum \text{panjang} \times \text{tinggi} \\ &= 8,4 \times 2 = 1,68 \text{ m}^2\end{aligned}$$

#### 9.3.11. Pekerjaan instalasi Listrik

- A. Instalasi stop kontak

$$\text{Volume} = \sum n = 10 \text{ unit}$$

- B. Titik lampu

➤ TL 36 watt

$$\text{Volume} = \sum n = 54 \text{ unit}$$

➤ pijar 25 watt

$$\text{Volume} = \sum n = 32 \text{ unit}$$

- C. Instalasi saklar

➤ Saklar single

$$\text{Volume} = \sum n = 9 \text{ unit}$$

➤ Saklar double

$$\text{Volume} = \sum n = 14 \text{ unit}$$

*commit to user*



## *Tugas Akhir*

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

192

### 9.3.11. Pekerjaan pengecatan

#### A. Pengecatan dinding

Volume = plesteran dinding x 2

$$= 1569,5236 \times 2 = 3139,0472 \text{ m}^2$$

Pengecatan menggunakan Cat minyak (pada listplank)

$$\text{Volume} = 110 \times 0,2 = 22 \text{ m}^2$$



*commit to user*



## Tugas Akhir

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

# BAB 10

## REKAPITULASI

Dari hasil perencanaan dan perhitungan struktur bangunan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur bangunan di Indonesia mengacu pada peraturan dan pedoman perencanaan yang berlaku di Indonesia.
2. Dalam merencanakan struktur bangunan, kualitas dari bahan yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas struktur yang dihasilkan.
3. Perhitungan pembebanan digunakan batasan – batasan dengan analisa statis equivalent.
4. Dari perhitungan diatas diperoleh hasil sebagai berikut :

### ➤ Perencanaan atap

Kuda – kuda utama dipakai dimensi profil  $\angle$  siku 70.70.7 diameter baut 12,7 mm jumlah baut 2

Kuda – kuda trapesium dipakai dimensi profil  $\angle$  siku 90.90.9 diameter baut 12,7 mm jumlah baut 4

Setengah kuda – kuda dipakai dimensi profil  $\angle$  siku 45.45.5 diameter baut 12,7 mm jumlah baut 2

Jurai dipakai dimensi profil  $\angle$  siku 45.45.5 diameter baut 12,7 mm jumlah baut 2

### ➤ Perencanaan Tangga

Tulangan tumpuan yang digunakan D12– 75 mm

Tulangan lapangan yang digunakan D12– 250 mm

Tulangan arah sumbu panjang yang digunakan pada pondasi D12 – 90 mm

Tulangan arah sumbu pendek yang digunakan pada pondasi D12 – 90 mm

Tulangan geser yang digunakan pada pondasi  $\emptyset$  8 – 100 mm

*commit to user*



## **Tugas Akhir**

### **Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai**

194

#### ➤ **Perencanaan plat lantai**

Tulangan arah X

Tulangan lapangan yang digunakan  $\varnothing 10 - 240 \text{ mm}$

Tulangan tumpuan yang digunakan  $\varnothing 10 - 240 \text{ mm}$

Tulangan arah Y

Tulangan lapangan yang digunakan  $\varnothing 10 - 120 \text{ mm}$

Tulangan tumpuan yang digunakan  $\varnothing 10 - 120 \text{ mm}$

#### ➤ **Perencanaan portal**

Perencanaan tulangan balok portal Arah Memanjang

Tulangan tumpuan yang digunakan 3 D 19 mm

Tulangan lapangan yang digunakan 3 D 19 mm

Tulangan geser yang digunakan  $\varnothing 8 - 250 \text{ mm}$

Perencanaan tulangan balok portal Arah Melintang

Tulangan tumpuan yang digunakan 7 D 19 mm

Tulangan lapangan yang digunakan 7 D 19 mm

Tulangan geser yang digunakan  $\varnothing 10 - 110 \text{ mm}$

#### ➤ **Perencanaan Tulangan Kolom**

Tulangan tumpuan yang digunakan 4 D 16 mm

Tulangan lapangan yang digunakan 4 D 16 mm

Tulangan geser yang digunakan  $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

#### ➤ **Perencanaan Tulangan Ring Balk**

Perencanaan tulangan ringbalk

Tulangan tumpuan yang digunakan 2 D 12 mm

Tulangan lapangan yang digunakan 2 D 12 mm

Tulangan geser yang digunakan  $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$





## **Tugas Akhir**

Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai

195

### ➤ **Perencanaan Tulangan Sloof**

Perencanaan tulangan sloof

Tulangan tumpuan yang digunakan 5 D 16 mm

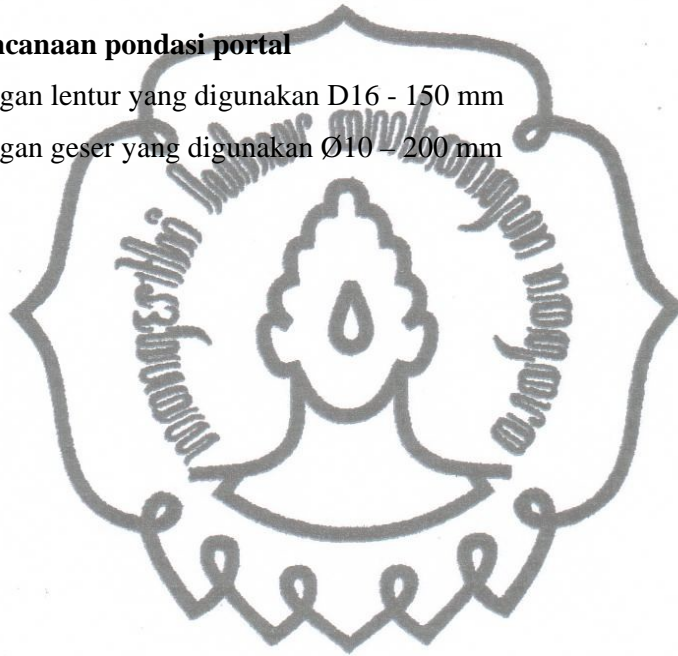
Tulangan lapangan yang digunakan 5 D 16 mm

Tulangan geser yang digunakan  $\emptyset 8 - 200$  mm

### ➤ **Perencanaan pondasi portal**

Tulangan lentur yang digunakan D16 - 150 mm

Tulangan geser yang digunakan  $\emptyset 10 - 200$  mm





## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **11.1. Kesimpulan**

Banyak sekali pengalaman-pengalaman yang penyusun dapatkan dengan berakhirnya tugas akhir, Perencanaan Struktur Bangunan Sekolah 2 Lantai. Terutama mengenai pengetahuan yang diberikan di bangku kuliah. Dari yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, dapat diberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Mahasiswa dapat merencanakan suatu konstruksi bangunan yang sederhana sampai bangunan bertingkat.
- 2) Mahasiswa dapat memperoleh pengetahuan, pengertian dan pengalaman dalam merencanakan struktur gedung.
- 3) Mahasiswa dapat terangsang daya pikirnya dalam memecahkan suatu masalah yang dihadapi dalam perencanaan suatu struktur gedung.

### **11.2. Saran**

Menyadari pentingnya pelaksanaan Tugas Akhir dengan baik dan teliti, maka disarankan:

Pengarahan dan pengawasan yang ketat agar sesuai dengan rencana kerja dan syarat-syarat, karena yang terlibat dan bertanggung jawab pada Tugas Akhir tidak hanya satu, maka kerja sama dan komunikasi antar mahasiswa dan dosen pembimbing sangat penting. Hal ini untuk menghindari terjadinya salah pengertian tentang pekerjaan yang harus dilaksanakan.